MAX

4 A

NOVA

VMBO-GT

Nask 1
Natuurkunde



NAAM EN KLAS:

MALMBERG



4 VMBO-GT deel A

Nask 1

Auteur
Rein Tromp

Eindredactie
Sander Michon

Met medewerking van
Frits Kappers
Karin van Nunen
Lineke Pijnappels
Lian Poelsma
Coert Schatorjé



Release 5.0, eerste oplage

www.malmberg.nl/nova-natuurkunde
Malmberg, 's-Hertogenbosch

Aan de slag met Nova

Waarom Nova?

Natuurkunde gaat over de wereld om je heen. Met *Nova* heb je alles binnen handbereik om dit te ervaren, te beleven en te ontdekken!



HOOFDSTUK 9 SCHAKELINGEN

1 Weerstanden

LEERDOELEN

9.1.1 Je kunt toelichten wat wordt bedoeld met de weerstand van een schakelonderdeel.
9.1.2 Je kunt uitleggen hoe je de totale weerstand van een stroomkring groter kunt maken.
9.1.3 Je kunt beschrijven hoe je de weerstand van een schakelonderdeel kunt bepalen.
9.1.4 Je kunt berekeningen uitvoeren met de spanning, de stroomsterkte en de weerstand.
9.1.5 Je kunt beredeneren of de wet van Ohm van toepassing is op een schakelonderdeel.
9.1.6 Je kunt uit de kleurcode op een weerstandje afleiden hoe groot zijn weerstandswaarde is.

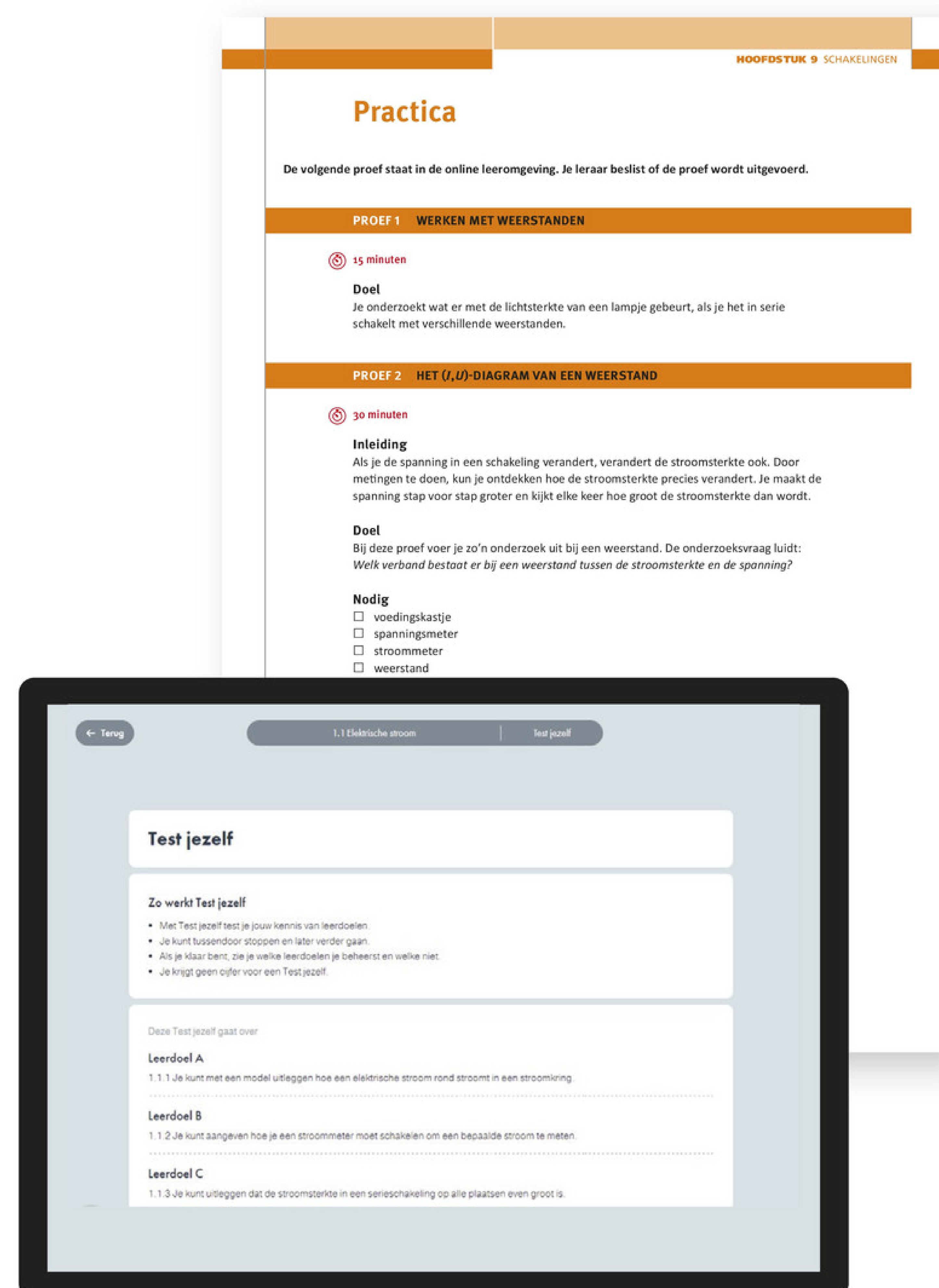
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	9.1.1	9.1.2	9.1.3	9.1.4	9.1.5	9.1.6
Onthouden	1b	1d		2ab		3abc
Begrijpen	1a	1c	5abcd, 8b		6c, 8e	10b
Toepassen			4ab	5e, 6ab, 7abc, 8c	8a	9abcd, 10acd
Analyseren					7d, 8d	

In de elektronica werk je met grote en kleine weerstanden. Of een weerstand groot of klein is, kun je niet zien aan zijn afmetingen. Wat zou dan wel het verschil zijn?

VERSCHILLEN IN WEERSTAND

Schakelingen bestaan uit onderdelen met verschillende eigenschappen. De snoeren waarmee je schakelonderdelen verbindt hebben bijvoorbeeld maar een kleine **weerstand**. Ze laten de stroom bijna ongehinderd passeren. Andere onderdelen zoals een lampje, een motortje of een zoemer hebben een veel grotere weerstand: daar gaat de stroom lang niet zo gemakkelijk doorheen.

In afbeelding 1 zie je een lampje dat met twee snoeren is aangesloten op een spanningsbron. Het hangt van het lampje af hoeveel weerstand de stroom in totaal ondervindt. De weerstand van de snoeren is zo klein dat je die kunt verwaarlozen. De



HOOFDSTUK 9 SCHAKELINGEN

Practica

De volgende proef staat in de online leeromgeving. Je leraar beslist of de proef wordt uitgevoerd.

PROEF 1 WERKEN MET WEERSTANDEN

15 minuten

Doel
Je onderzoekt wat er met de lichtsterkte van een lampje gebeurt, als je het in serie schakelt met verschillende weerstanden.

PROEF 2 HET (I,U)-DIAGRAM VAN EEN WEERSTAND

30 minuten

Inleiding
Als je de spanning in een schakeling verandert, verandert de stroomsterkte ook. Door metingen te doen, kun je ontdekken hoe de stroomsterkte precies verandert. Je maakt de spanning stap voor stap groter en kijkt elke keer hoe groot de stroomsterkte dan wordt.

Doel
Bij deze proef voer je zo'n onderzoek uit bij een weerstand. De onderzoeksvraag luidt: *Welk verband bestaat er bij een weerstand tussen de stroomsterkte en de spanning?*

Nodig
- ☐ voedingskastje
- ☐ spanningsmeter
- ☐ stroommeter
- ☐ weerstand

Werk in je boek én online!

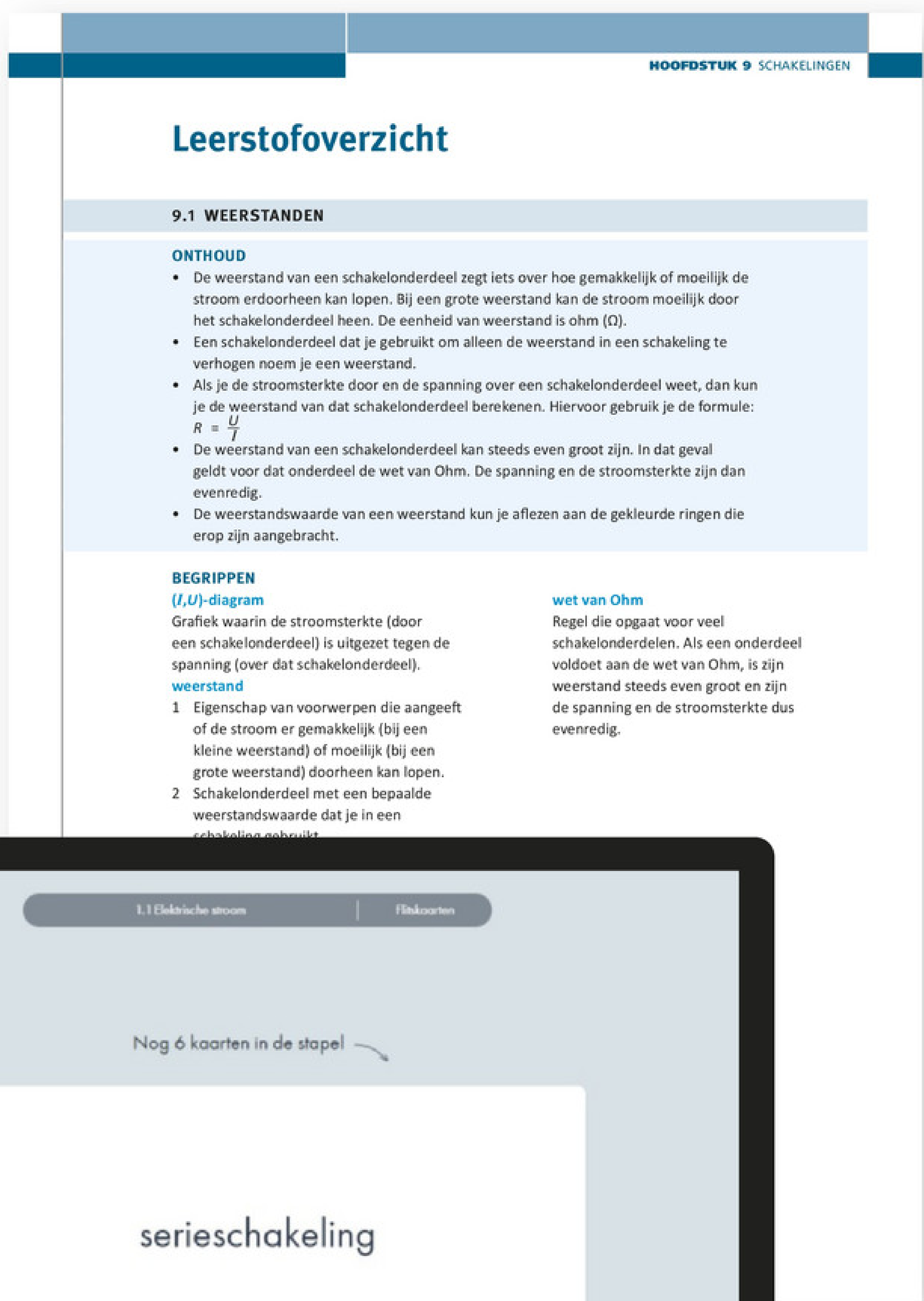
Er zijn twee boeken per leerjaar en een online leeromgeving. Je leraar kiest wat je online doet (met laptop, tablet of telefoon) en wat in je boek. Elk hoofdstuk is verdeeld in een Introductie waarin je je voorkennis test, Theorieparagrafen, een Practicumparagraaf en een Afsluiting. Aan het begin van elke paragraaf is met leerdoelen aangegeven wat je gaat leren en op welk taxonomieniveau je het geleerde oefent bij de opdrachten. Bij de practica ga je zelf aan de slag en leer je onderzoeken. In de Afsluiting vind je een overzicht van de leerstof in de onderdelen Onthoud en Begrippen.

Voordelen van online

- Je ziet snel wat je goed of fout doet.
- Je krijgt direct feedback op je antwoorden.
- Je bekijkt filmpjes en animaties.
- Je oefent belangrijke vaardigheden met de *Vaardigheidstrainer*.
- Je test je voorkennis met de *Voorkennistoets*.
- Je leert de begrippen met de *Flitskaarten*.
- Je meet of je de stof beheerst met de *Test jezelf* en *Oefentoets*.
- Je leraar volgt hoe je het doet.

Goede voorbereiding op de toets!

In het boek vind je in de afsluiting van elk hoofdstuk de onderdelen Onthoud en Begrippen die je helpen bij de voorbereiding op de toets. In de online paragraaf Afsluiting vind je *Flitskaarten* voor het leren van alle begrippen. Twijfel je of je de stof voldoende beheerst? Maak dan aan het einde van elke paragraaf de *Test jezelf* of *Oefentoets*.


HOOFDSTUK 9 SCHAKELINGEN

Leerstofoverzicht

9.1 WEERSTANDEN

ONTHOUD

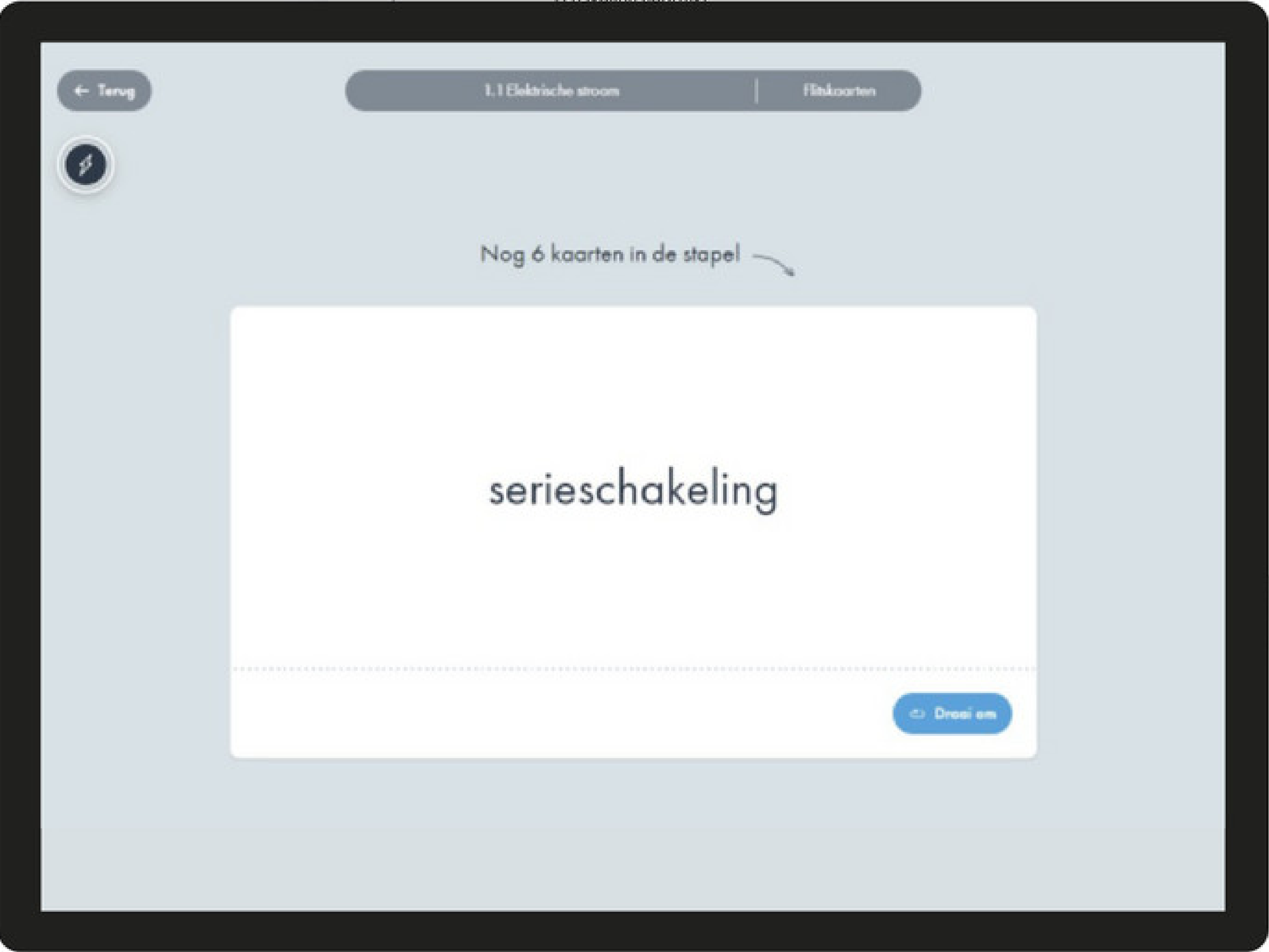
- De weerstand van een schakelonderdeel zegt iets over hoe gemakkelijk of moeilijk de stroom erdoorheen kan lopen. Bij een grote weerstand kan de stroom moeilijk door het schakelonderdeel heen. De eenheid van weerstand is ohm (Ω).
- Een schakelonderdeel dat je gebruikt om alleen de weerstand in een schakeling te verhogen noem je een weerstand.
- Als je de stroomsterkte door en de spanning over een schakelonderdeel weet, dan kun je de weerstand van dat schakelonderdeel berekenen. Hiervoor gebruik je de formule: $R = \frac{U}{I}$
- De weerstand van een schakelonderdeel kan steeds even groot zijn. In dat geval geldt voor dat onderdeel de wet van Ohm. De spanning en de stroomsterkte zijn dan evenredig.
- De weerstandswaarde van een weerstand kun je aflezen aan de gekleurde ringen die erop zijn aangebracht.

BEGRIPPEN

(I,U)-diagram
Grafiek waarin de stroomsterkte (door een schakelonderdeel) is uitgezet tegen de spanning (over dat schakelonderdeel).

weerstand
1 Eigenschap van voorwerpen die aangeeft of de stroom er gemakkelijk (bij een kleine weerstand) of moeilijk (bij een grote weerstand) doorheen kan lopen.
2 Schakelonderdeel met een bepaalde weerstandswaarde dat je in een

wet van Ohm
Regel die opgaat voor veel schakelonderdelen. Als een onderdeel voldoet aan de wet van Ohm, is zijn weerstand steeds even groot en zijn de spanning en de stroomsterkte dus evenredig.

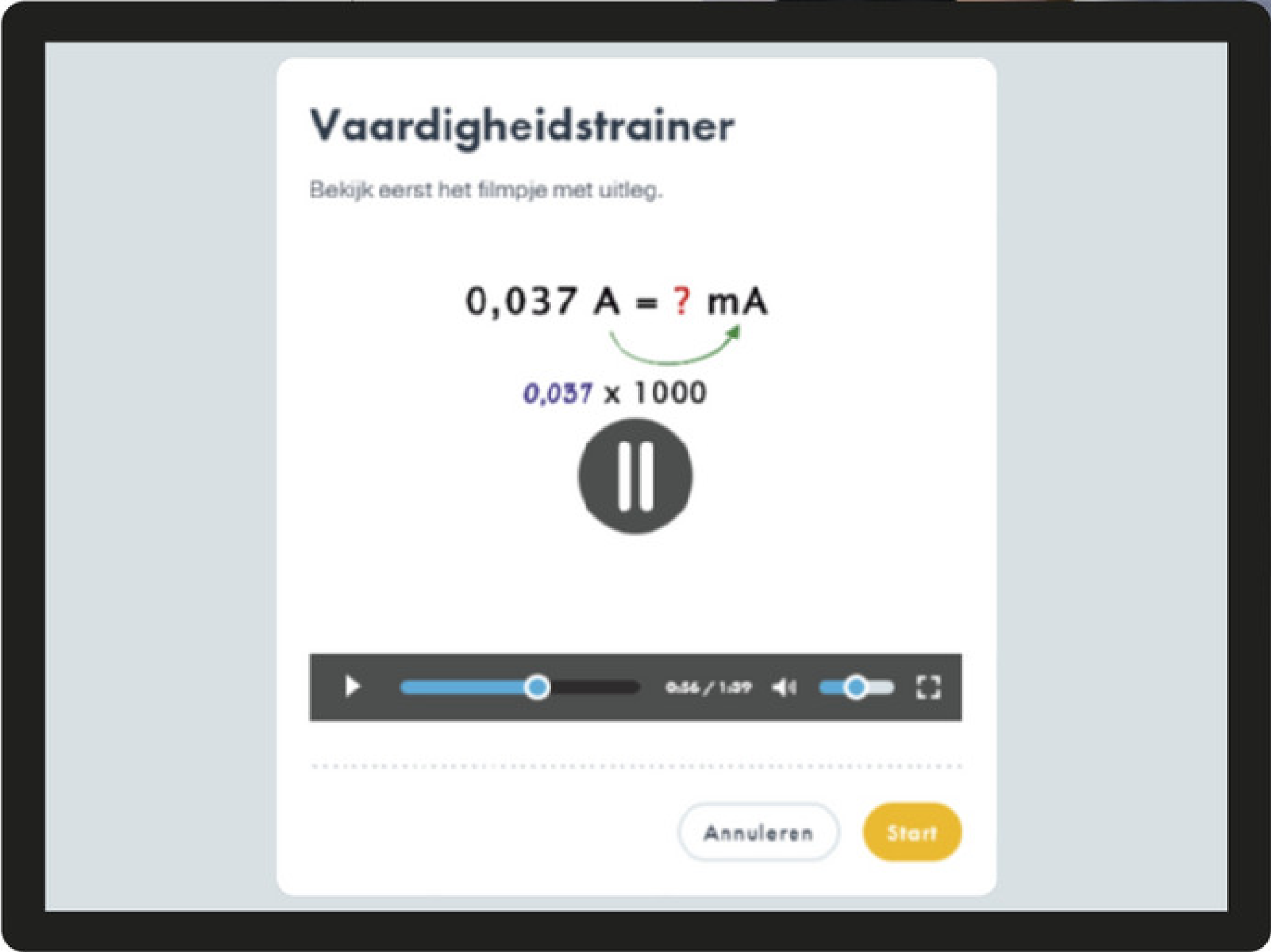


Examentraining en Vaardigheden

Na het laatste hoofdstuk vind je in beide boeken van dit leerjaar een Examentraining. Daarin leer je hoe je je kunt voorbereiden op het examen. Ook ga je echte examenopdrachten maken. Aan het eind van elk boek vind je het onderdeel Vaardigheden. Daarin worden de belangrijkste vaardigheden om onderzoek te doen uitgelegd. Enkele belangrijke vaardigheden kun je online oefenen met de *Vaardigheidstrainer*.


Examentraining A

EXAMEN DOEN
Aan het einde van dit schooljaar doe je centraal examen. In twee uur tijd laat je dan zien wat je bij het vak natuur- en scheikunde I hebt geleerd. In het onderdeel Examentraining ga je alvast oefenen. Je maakt kennis met verschillende soorten examenopdrachten en je leert hoe je die kunt aanpakken.



Voordelen van het boek

- Je hebt snel overzicht in wat je gaat leren.
- Je leest lange teksten op papier.
- Je schrijft je berekeningen op.
- Je markeert in de tekst en maakt aantekeningen.
- Je tekent en kleurt zodat je leerstof goed onthoudt.

Betekenis symbolen

 Ga naar de online leeromgeving voor handige extra's.



Er is een proef bij deze lesstof.

 Met deze proef ben je zo lang bezig.

 Gebruik de vaardigheid bij deze opdracht.

 Deze opdracht biedt extra uitdaging.

 Deze opdracht maak je het best in het boek.

Inhoud Deel A

Inhoud Deel B

9 Schakelingen

AUTOMATISCH SCHAKELEN

Veel apparaten bevatten elektronische schakelingen die dingen kunnen waarnemen en daarop reageren. Dankzij zo'n schakeling kan een apparaat zelfstandig een taak uitvoeren. Taken zijn bijvoorbeeld het licht aandoen als dat nodig is, planten water geven, de temperatuur regelen, een deur openen of sluiten, enzovoort.

INTRODUCTIE

THEORIE

AFSLUITING





Wat weet je al over schakelingen?

LEERDOELEN

1 Je kunt rekenen met de eenheid van stroomsterkte.
2 Je kunt uitleggen op welke manier je de stroomsterkte meet.
3 Je kunt de symbolen herkennen die je gebruikt om een schakelschema te maken.
4 Je kunt het verschil uitleggen tussen een serie- en parallelschakeling.
5 Je kunt beschrijven welke twee gevaren het gebruik van elektriciteit met zich meebrengt.

In de hoofdstukken 4 en 6 van nova nask 1 leerjaar 3 heb je al een aantal dingen over elektriciteit geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Reken om.

a 100 mA = ... A

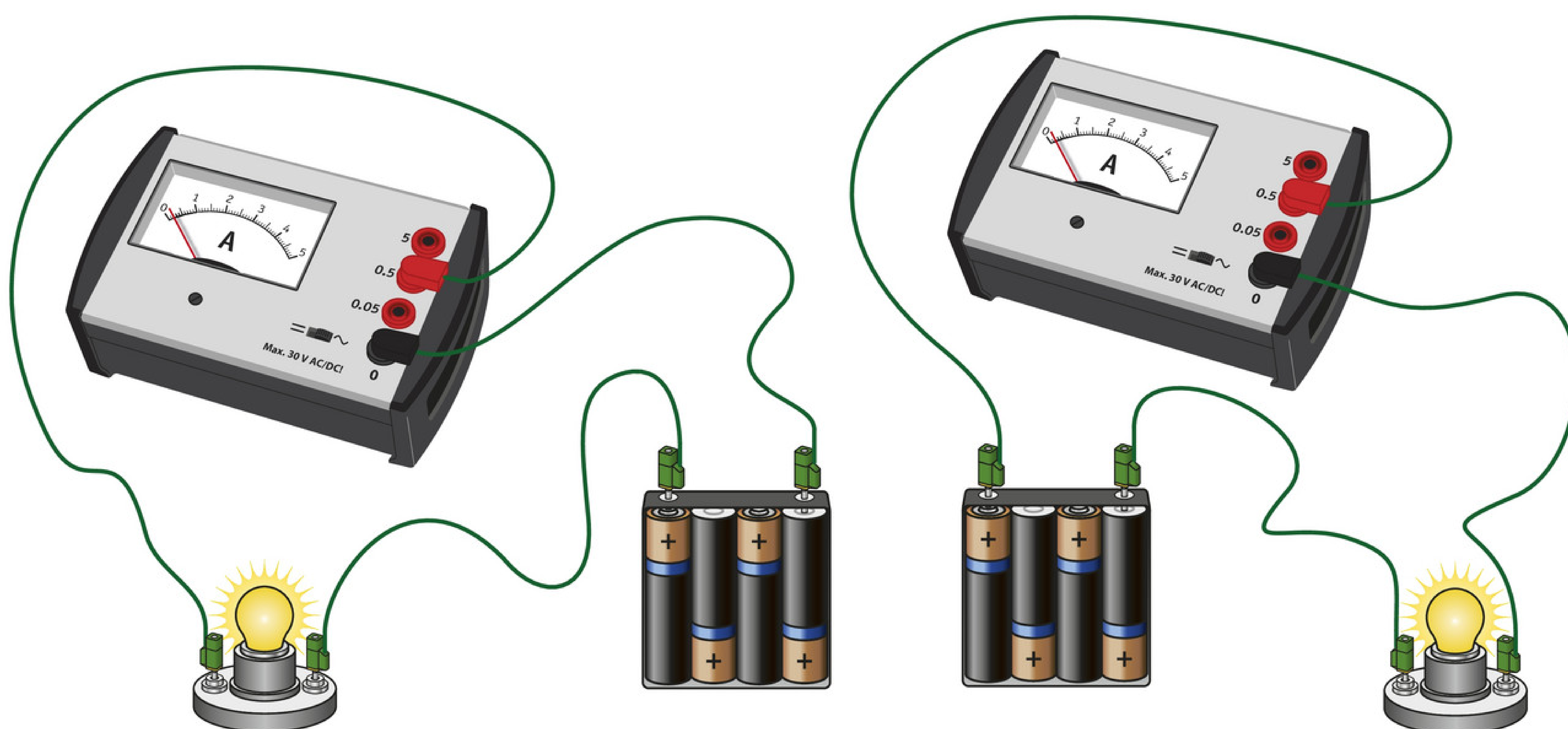
b 1560 mA = ... A

c 0,036 A = ... mA

d 0,43 A = ... mA

2 In afbeelding 1 zie je twee proefopstellingen om de stroomsterkte door een lampje te meten.
Met welke proefopstelling kun je de stroomsterkte meten?

○ A met de opstelling links
○ B met de opstelling rechts
○ C met beide opstellingen
○ D met geen van beide opstellingen

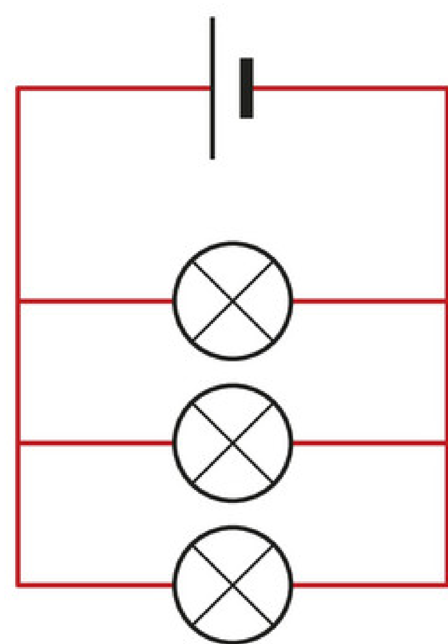


afbeelding 1 De stroomsterkte meten.

3 Koppel de juiste component aan elk symbool.

A	(A)	○	○ 1	batterij
B		○	○ 2	lamp
C		○	○ 3	schakelaar
D	(V)	○	○ 4	spanningsmeter
E	open dicht	○	○ 5	stroommeter

4 Welk soort schakeling is getekend in het schakelschema van afbeelding 2?
serieschakeling / parallelschakeling



afbeelding 2 Een schakeling.

5 Als je een voorwerp aanraakt waar spanning op staat, krijg je een schok. Er loopt dan een stroom door je lichaam. Daardoor trekken je spieren samen.
Vanaf welke stroomsterkte is een stroom door je lichaam levensgevaarlijk?

○ A 0,01 A
○ B 0,1 A
○ C 1 A
○ D 10 A



Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Weerstanden

LEERDOELEN

9.1.1 Je kunt toelichten wat wordt bedoeld met de weerstand van een schakelonderdeel.
9.1.2 Je kunt uitleggen hoe je de totale weerstand van een stroomkring groter kunt maken.
9.1.3 Je kunt beschrijven hoe je de weerstand van een schakelonderdeel kunt bepalen.
9.1.4 Je kunt berekeningen uitvoeren met de spanning, de stroomsterkte en de weerstand.
9.1.5 Je kunt beredeneren of de wet van Ohm van toepassing is op een schakelonderdeel.
9.1.6 Je kunt uit de kleurcode op een weerstandje afleiden hoe groot zijn weerstandswaarde is.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	9.1.1	9.1.2	9.1.3	9.1.4	9.1.5	9.1.6
Onthouden	1b	1d		2ab		3abc
Begrijpen	1a	1c	5abcd, 8b		6c, 8e	10b
Toepassen			4ab	5e, 6ab, 7abc, 8c	8a	9abcd, 10acd
Analyseren					7d, 8d	

In de elektronica werk je met grote en kleine weerstanden. Of een weerstand groot of klein is, kun je niet zien aan zijn afmetingen. Wat zou dan wel het verschil zijn?

VERSCHILLEN IN WEERSTAND

Schakelingen bestaan uit onderdelen met verschillende eigenschappen. De snoeren waarmee je schakelonderdelen verbindt hebben bijvoorbeeld maar een kleine **weerstand**. Ze laten de stroom bijna ongehinderd passeren. Andere onderdelen zoals een lampje, een motortje of een zoemer hebben een veel grotere weerstand: daar gaat de stroom lang niet zo gemakkelijk doorheen.

In afbeelding 1 zie je een lampje dat met twee snoeren is aangesloten op een spanningsbron. Het hangt van het lampje af hoeveel weerstand de stroom in totaal ondervindt. De weerstand van de snoeren is zo klein dat je die kunt verwaarlozen. De stroomsterkte wordt maar door twee dingen bepaald: de spanning van de spanningsbron en de weerstand van het lampje.

Het lampje is aangesloten op een spanning van 6,0 volt. Dat is de spanning waarvoor dit lampje is ontworpen. Bij deze spanning heeft de stroomsterkte door het lampje de juiste waarde. Het lampje geeft dan helder licht, zonder te heet te worden. Je kunt de spanning wel iets verhogen om het lampje feller te laten branden, maar dat gaat ten koste van de levensduur ervan.



afbeelding 1 Het lampje brandt op een spanning van 6,0 V.

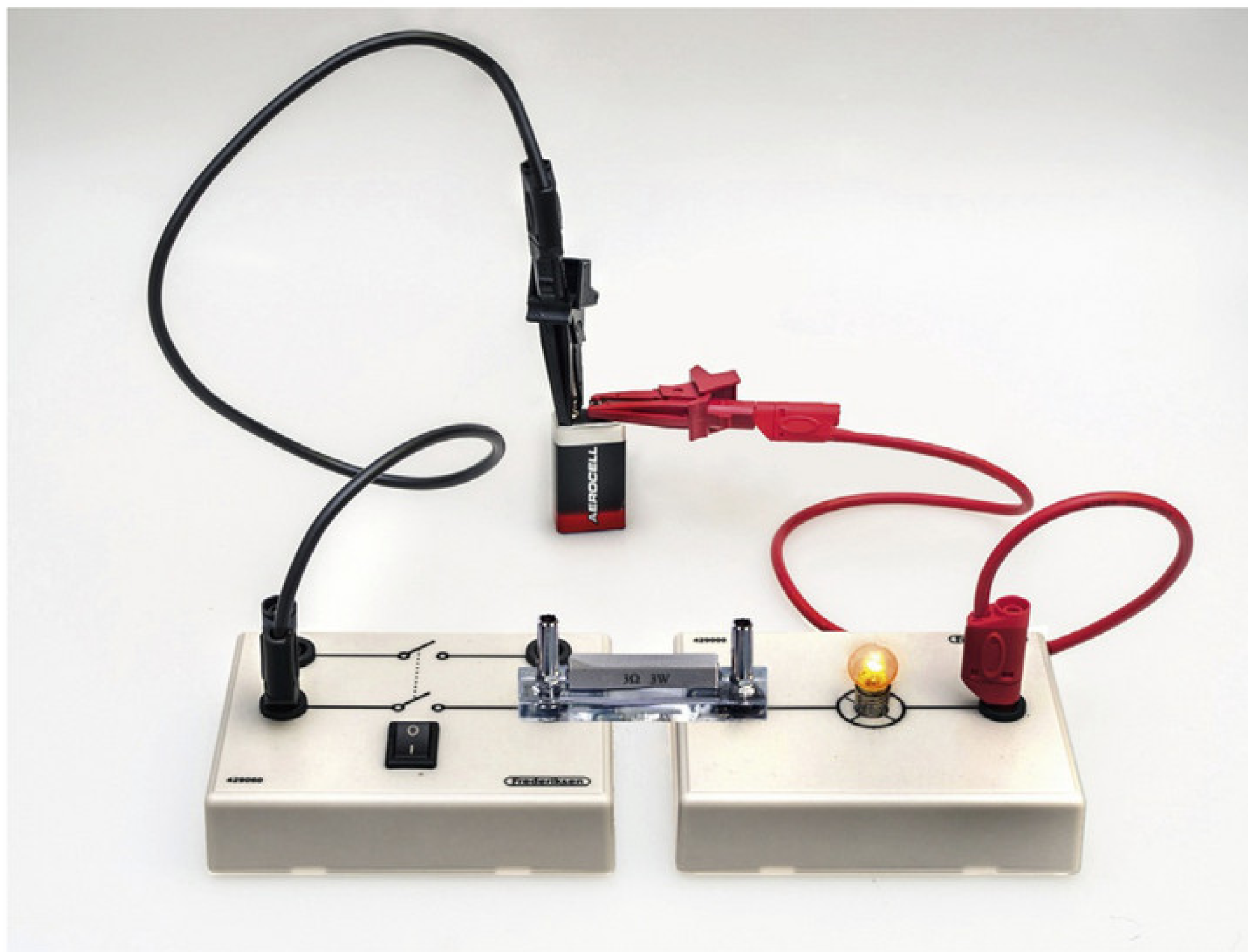
DE WEERSTAND GROTER MAKEN

PROEF 1

Je kunt het lampje van afbeelding 1 niet zomaar aansluiten op een batterij van 9 volt. De weerstand van het lampje is te klein voor deze spanning. Als je het lampje toch op 9 volt aansluit, wordt de stroomsterkte veel te groot: het lampje brandt dan door.

Misschien wil je toch een batterij van 9 volt gebruiken, bijvoorbeeld omdat je geen andere batterij hebt. Dat kan wel, maar dan moet je eerst de totale weerstand van de schakeling groter maken. Daarvoor heb je een schakelonderdeel nodig dat voor dit doel de juiste weerstand heeft. Zo'n onderdeel noem je (ook) een **weerstand**.

Als je een geschikte weerstand hebt gevonden, schakel je hem in serie met het lampje (afbeelding 2). Daardoor wordt de totale weerstand van de stroomkring groter. Zo kun je de stroomsterkte verkleinen tot een waarde waarbij het lampje niet doorbrandt.

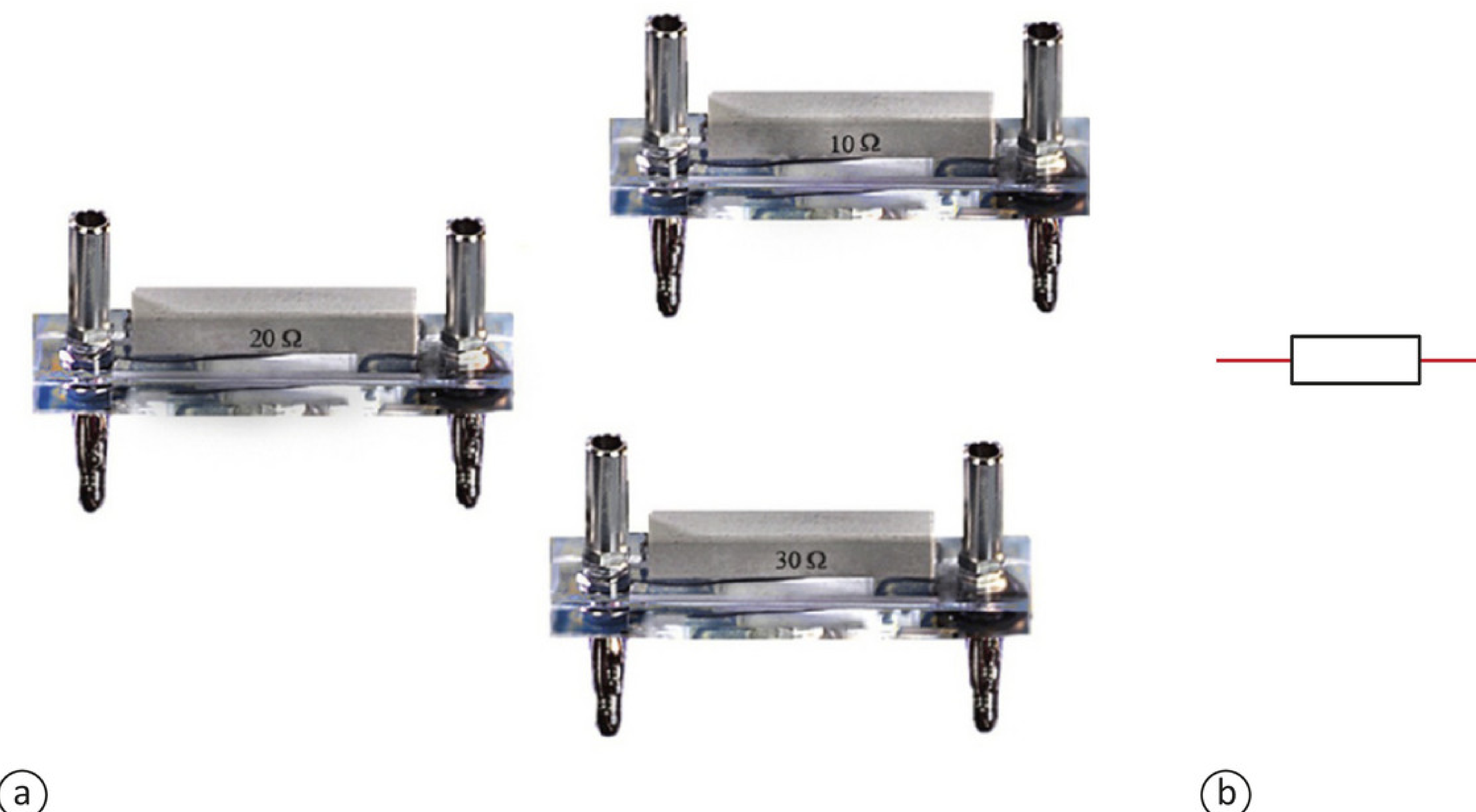


afbeelding 2 Zo kun je een lampje van 6 V aansluiten op een batterij van 9 V.

DE WEERSTAND BEREKENEN

In afbeelding 3 zie je drie weerstanden van het soort dat je op scholen gebruikt. Op elke weerstand is vermeld hoe groot de weerstandswaarde is. De gebruikte eenheid is ohm, afgekort met de Griekse letter omega (Ω). Naast de weerstanden is het schakelsymbool van een weerstand getekend.

afbeelding 3 Drie practicumweerstanden (a) en het bijbehorende schakelsymbool (b).



Met de opstelling van afbeelding 4 kun je controleren of de vermelde weerstandswaarde klopt. Met de spanningsmeter die parallel is aangesloten meet je de spanning over de weerstand. Met de stroommeter die in serie is aangesloten meet je de stroomsterkte door de weerstand. Als je de spanning en de stroomsterkte hebt gemeten, kun je de weerstand berekenen met de formule:

$$\text{weerstand} = \frac{\text{spanning}}{\text{stroomsterkte}}$$

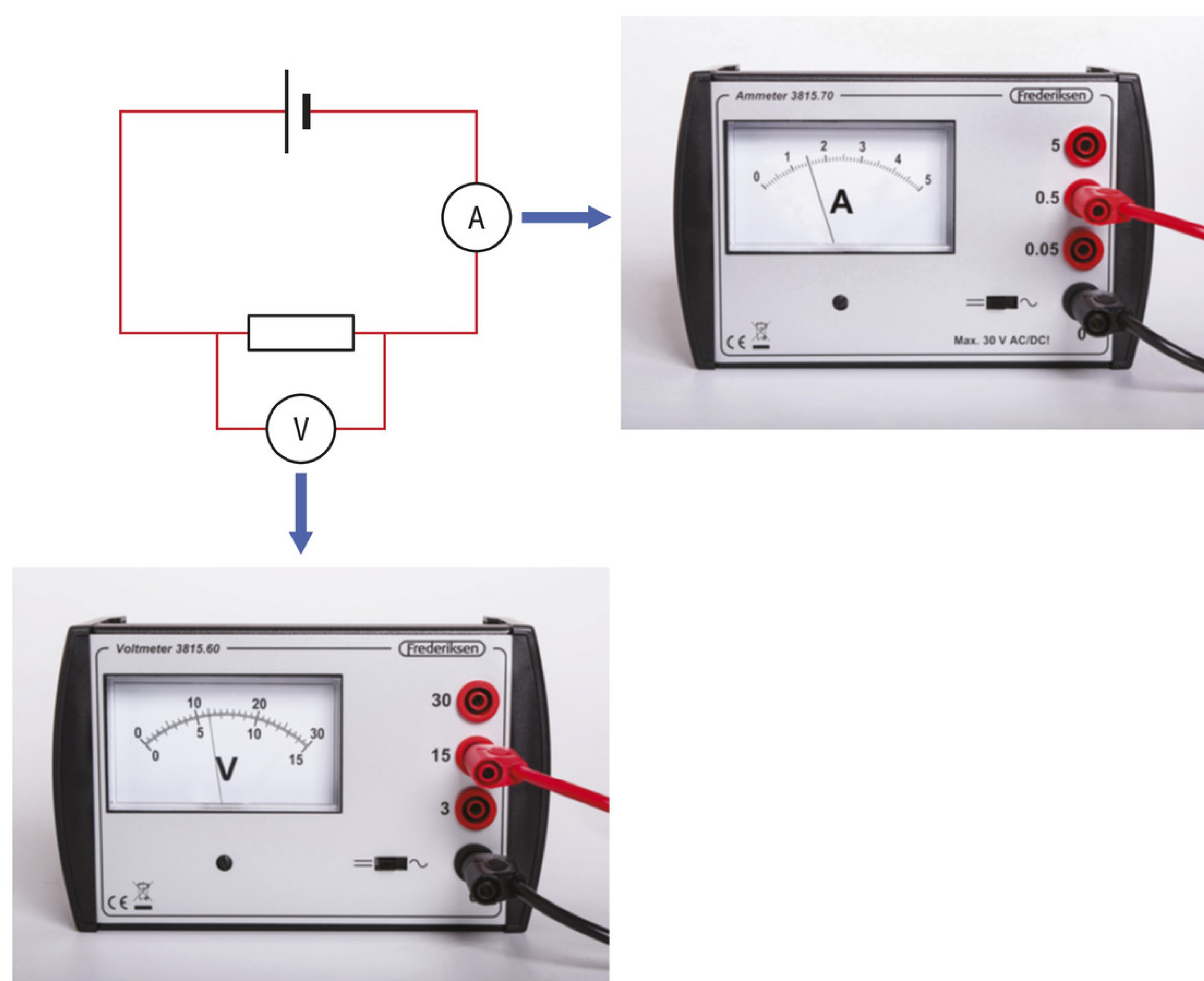
In symbolen schrijf je dit als:

$$R = \frac{U}{I}$$

In deze formule is:

- *R* de grootte van de weerstand in ohm (Ω);
- *U* de spanning over de weerstand in volt (V);
- *I* de stroomsterkte door de weerstand in ampère (A).

De *R* staat voor resistance, het Engelse woord voor weerstand.



afbeelding 4 Met deze schakeling kun je bepalen hoe groot de weerstand is.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Bereken de grootte van de weerstand in afbeelding 4.

gegevens $U = 6{,}0$ V
$I = 0{,}15$ A

gevraagd $R = ?$

uitwerking $R = \frac{U}{I} = \frac{6{,}0}{0{,}15} = 40\ \Omega$

DE WET VAN OHM

PROEF 2 Met de opstelling van afbeelding 4 kun je ook een serie metingen doen. Je verhoogt de spanning dan stap voor stap en meet elke keer hoe groot de stroomsterkte is. Zo kun je het verband bepalen tussen de spanning en de stroomsterkte. In tabel 1 zie je de meetresultaten van zo'n proef. Als weerstand is een dunne draad van constantaan gebruikt. Constantaan is een legering van koper, nikkel en mangaan.

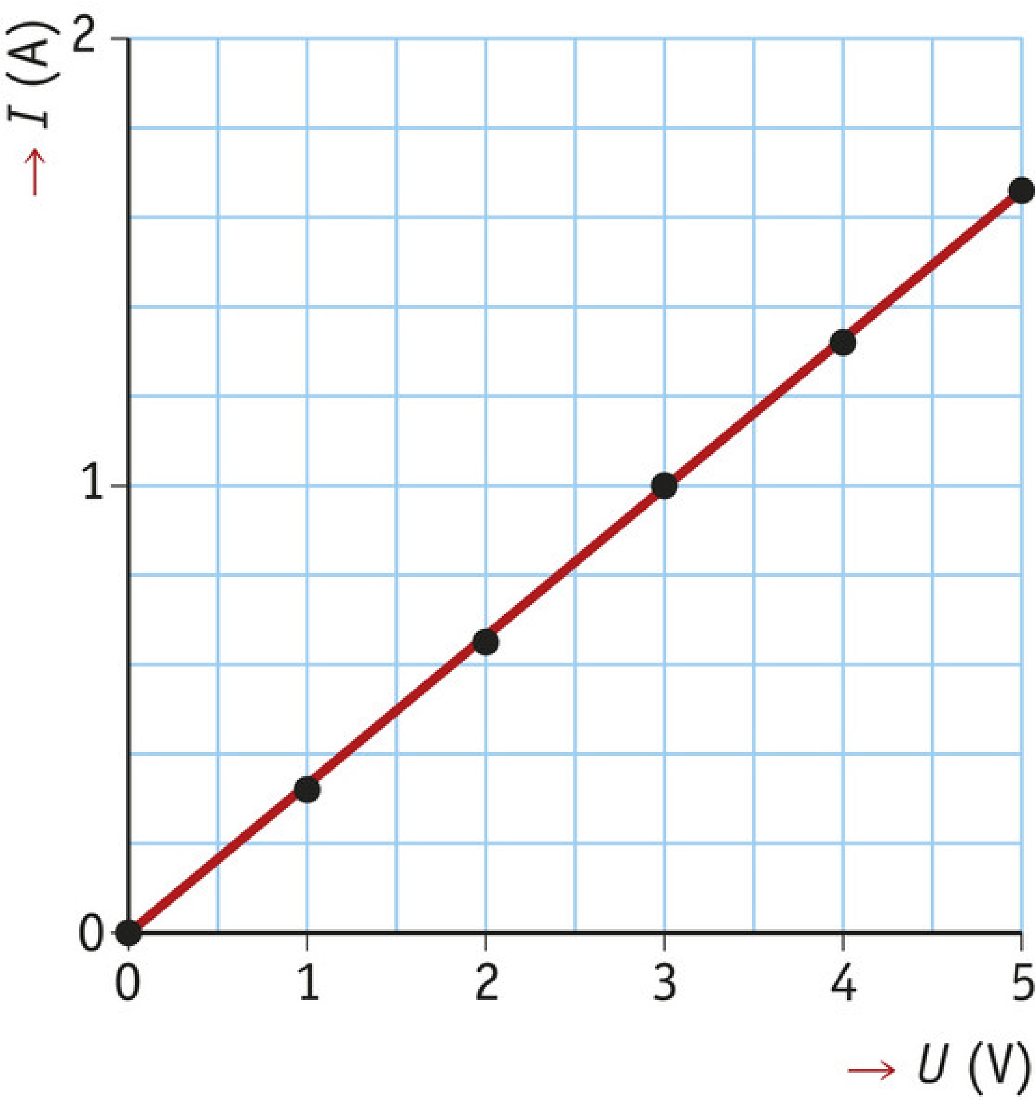
tabel 1 De meetresultaten van een proef met constantaandraad.

U (V)	*I* (A)
0,0	0,0
1,0	0,33
2,0	0,67
3,0	1,00
4,0	1,33
5,0	1,67

Ga zelf na dat je bij deze proef steeds dezelfde waarde voor *R* vindt als je *U* door *I* deelt. Met andere woorden:

De weerstand van het schakelonderdeel is steeds even groot.

Deze regel noem je de **wet van Ohm**. Uit de wet van Ohm volgt dat de spanning en de stroomsterkte evenredig zijn. Je kunt dat ook zien aan het **(*I*,*U*)-diagram** in afbeelding 5: de grafiek is een rechte lijn die begint in de oorsprong.



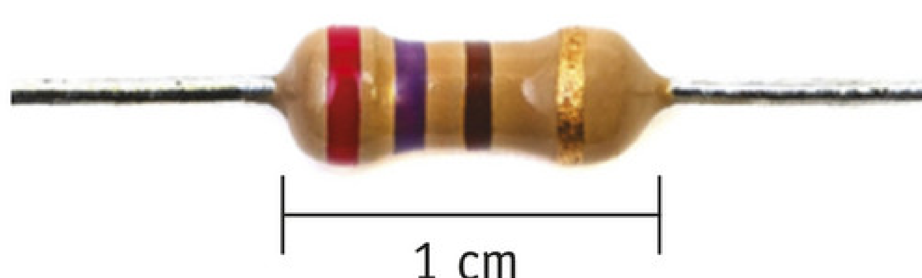
afbeelding 5 Het (*I*,*U*)-diagram van een proef met een constantaandraad.

De meeste metalen hebben alleen een constante weerstand als hun temperatuur niet verandert. Als hun temperatuur stijgt, wordt hun weerstand langzaam groter. Bij constantaan is dat niet zo. Bij deze legering is de invloed van de temperatuur op de weerstand te verwaarlozen.

ELEKTRONICAWEERSTANDEN

PROEF 3

In de elektronica worden kleine weerstandjes gebruikt (afbeelding 6). Je komt ze in allerlei schakelingen tegen. Deze weerstandjes worden gemaakt door een dun laagje koolstof op een glasstaafje aan te brengen. Hoe dunner het laagje koolstof is, des te groter is de weerstand.



afbeelding 6 Een elektronicaweerstand.

Op elk weerstandje zijn gekleurde ringen aangebracht. Aan die ringen kun je zien hoe groot de weerstand is. In *BINAS* tabel 13 *Kleurcodes van weerstanden* kun je de betekenis van de verschillende kleuren opzoeken.
Bij het aflezen moet ring T (de afwijkingsring of tolerantiering) zich aan de rechterkant van het weerstandje bevinden. Ring T is gemakkelijk te herkennen, omdat hij altijd afwijkt van de andere ringen. Zo kan de onderlinge afstand tussen ring T en de andere ringen iets groter of kleiner zijn, maar de ring kan ook iets breder zijn. Zie de vaardigheid *Werken met elektronicaweerstanden*.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Bekijk het weerstandje in afbeelding 6.
Ga na hoe groot zijn weerstand is.

ring A is rood → 2
ring B is paars → 7
ring D is bruin → één nul
ring T is goud → ± 5%

De weerstand is dus 270 Ω met een maximale afwijking van 5%.


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Je hebt een lampje dat geschikt is voor 6 V.

a Het lampje .... als je het aansluit op een spanning van 9 V.

b Dat komt doordat de weerstand van het lampje te .... is om op deze spanning te werken.

c Je kunt de (totale) weerstand .... maken door een weerstand .... te schakelen met het lampje.

d Zo kun je de .... verkleinen tot een waarde waarbij het lampje niet doorbrandt.

2 Als je de spanning en de stroomsterkte kent, kun je de weerstand berekenen.

a Noteer in symbolen de formule die je daarbij gebruikt.

....

b Spanning, stroomsterkte en weerstand zijn grootheden.
Noteer deze grootheden en hun eenheden met hun symbolen in tabel 2.

tabel 2 Grootheden en eenheden.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
spanning			
	I		
	R		Ω

3 In allerlei schakelingen kom je elektronicaweerstandjes tegen.

a Ze worden gemaakt door een dun laagje .... op een .... aan te brengen.

b Hoe dunner het laagje .... is, des te .... is de weerstandswaarde van het weerstandje.

c Aan de gekleurde .... die op de weerstandjes zijn aangebracht, kun je zien hoe groot hun weerstand is.

TOEPASSING

4  Adri wil de weerstand van een lampje bepalen. In afbeelding 7a zie je welke spullen hij daarvoor heeft klaargezet.

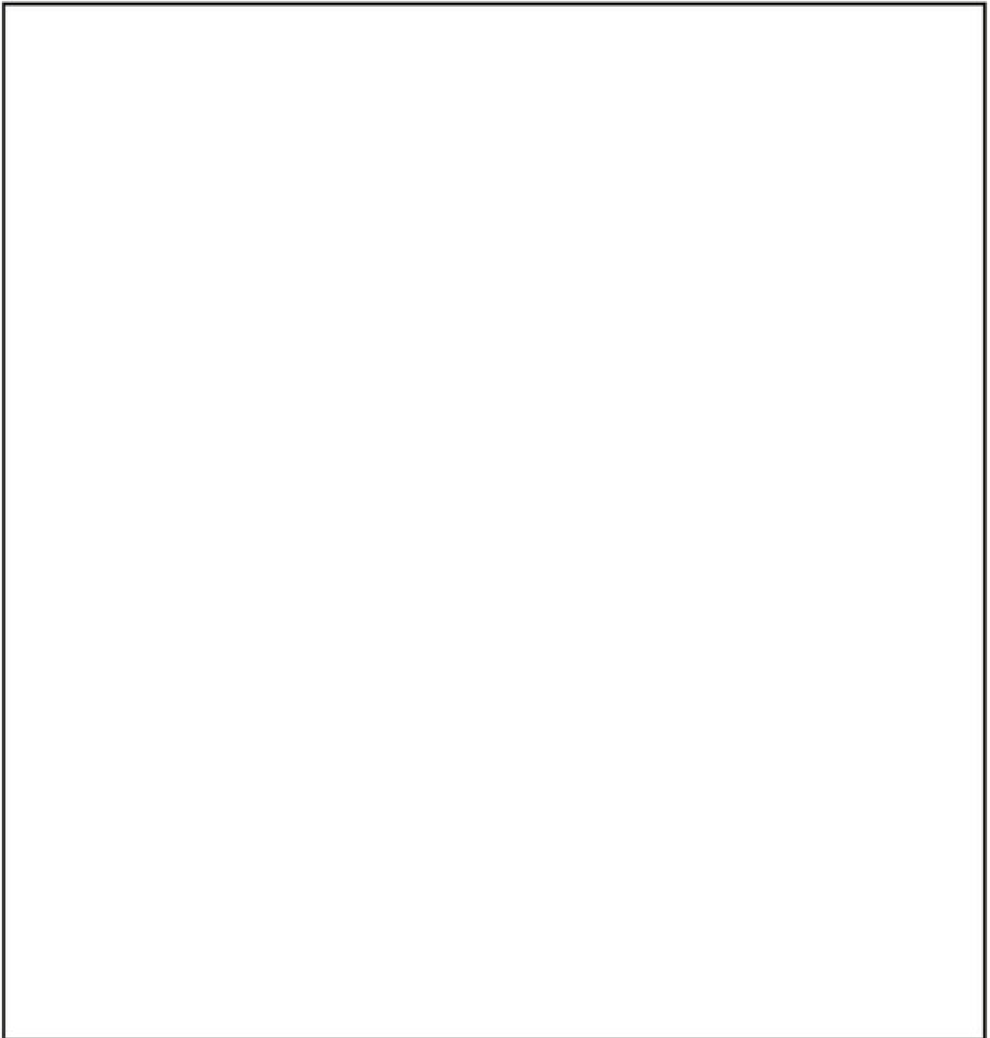
a Teken de ontbrekende snoeren in afbeelding 7a. Let op de + en de − van de meters.

b Teken in afbeelding 7b het schakelschema van deze meetopstelling.

afbeelding 7 De schakeling van Adri.



a schakeling



b schakelschema

5  Zie de vaardigheid *Werken met meetinstrumenten*.
Adri voert de proef van opdracht 4 uit. In afbeelding 8 zie je wat de twee meters aangeven.

a Op welk meetbereik staat de spanningsmeter ingesteld? ....

b Hoe groot is de spanning die deze meter aangeeft? ....

c Op welk meetbereik staat de stroommeter ingesteld? ....

d Hoe groot is de stroomsterkte die deze meter aangeeft? ....

e Bereken de weerstand van het lampje.

....

....

....

....

....

afbeelding 8 Dit geven de twee meters aan.





6  Zie de vaardigheid *Werken met voorvoegsels*.
Bert sluit een weerstand aan op een voedingskastje. Hij stelt de spanning in op 9,0 V.
Daarna meet hij de stroomsterkte door de weerstand: 20 mA.

a Bereken de waarde van Berts weerstand.

....

....

....

....

....

b Bert sluit een andere weerstand aan op de batterij. Deze keer is de stroomsterkte 120 mA.
Bereken de waarde van deze weerstand.

....

....

....

....

....

c Vergelijk de twee uitkomsten van opdracht a en b.

Als de weerstand .... keer zo groot wordt (en de spanning blijft gelijk), dan

wordt de stroomsterkte .... keer zo ....

7 Jessica wil controleren of een weerstand zich gedraagt volgens de wet van Ohm. Daarom voert ze drie metingen uit. Bij elke meting meet ze de spanning (over de weerstand) en de stroomsterkte (door de weerstand). In tabel 3 zie je haar meetresultaten.

a Bereken de weerstand met de gegevens van meting 1.

....

....

....

....

b Bereken de weerstand met de gegevens van meting 2.

....

....

....

....

c Bereken de weerstand met de gegevens van meting 3.

....

....

....

....

d Is de wet van Ohm van toepassing op deze weerstand?

....

....

tabel 3 De meetgegevens van Jessica.

meting	spanning (V)	stroomsterkte (A)
1	1,5	0,3
2	3,0	0,6
3	4,5	0,9

★ 8 In afbeelding 9 is het (*I*,*U*)-diagram van een gloeilampje getekend.

a Waaraan zie je dat de weerstand van het lampje niet steeds even groot is?

....

....

b Lees in afbeelding 9 af hoe groot de stroomsterkte is:
- bij een spanning van 2,0 V;
- bij een spanning van 4,0 V;
- bij een spanning van 6,0 V.

Noteer de uitkomsten op de juiste plaats in tabel 4.

c Bereken met de gegevens in de tabel hoe groot de weerstand van het lampje is:
- bij een spanning van 2,0 V;
- bij een spanning van 4,0 V;
- bij een spanning van 6,0 V.

Noteer de uitkomsten op de juiste plaats in tabel 4.

d Wordt de weerstand groter of kleiner als de stroomsterkte toeneemt?

....

....

e Leg uit waardoor dat gebeurt.

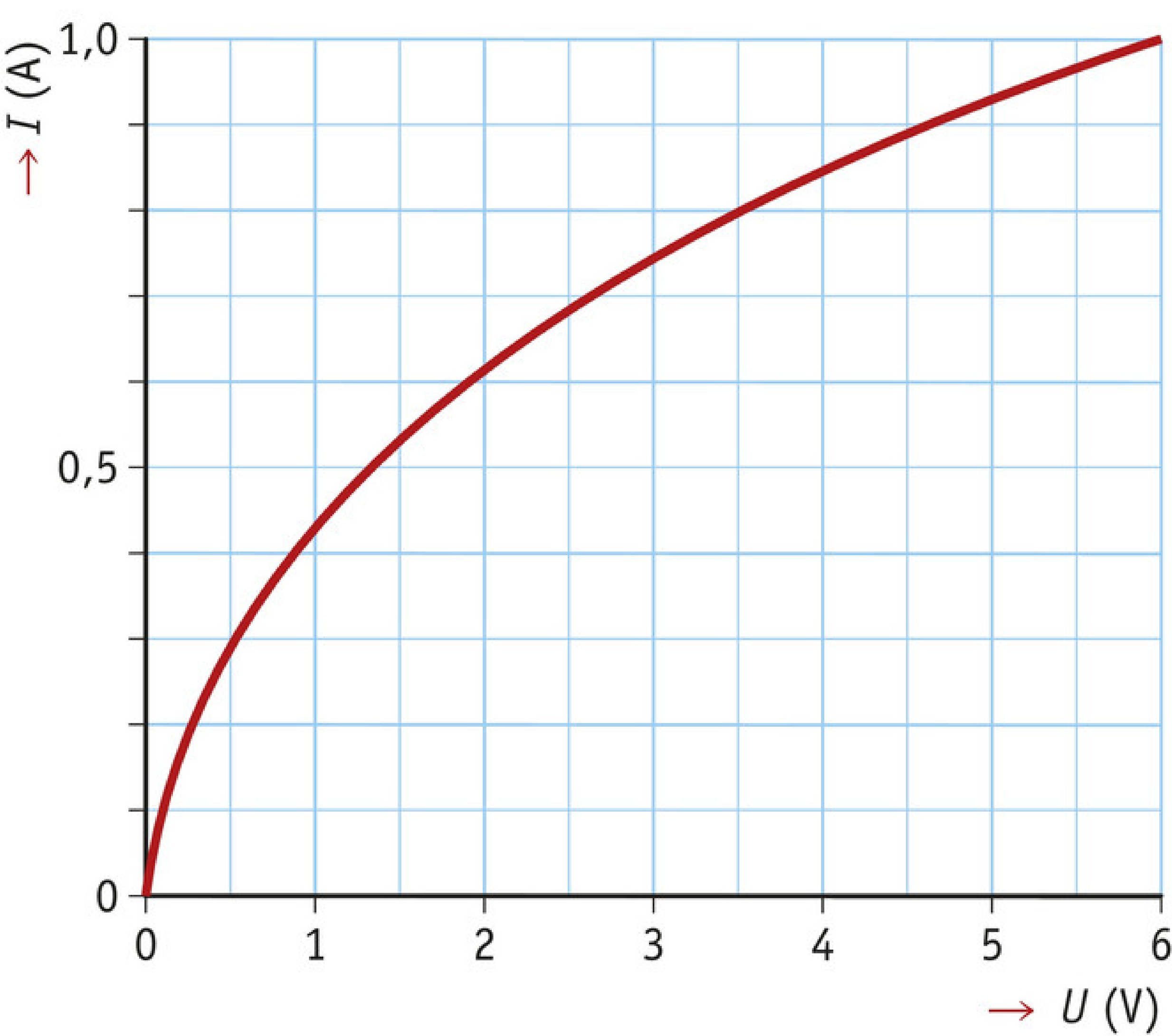
....

....

....

tabel 4 De meetgegevens van een gloeilampje.

spanning (V)	stroomsterkte (A)	weerstand (Ω)
2,0		
4,0		
6,0		



afbeelding 9 Het (*I*,*U*)-diagram van een gloeilampje.

9  Zie de vaardigheid *Werken met elektronicaweerstanden*.
Narek heeft de vier weerstanden van afbeelding 10.

a Hoe groot is weerstand 1, met de code rood-rood-bruin-zilver?

.... ± ....

b Hoe groot is weerstand 2, met de code bruin-geel-rood-goud?

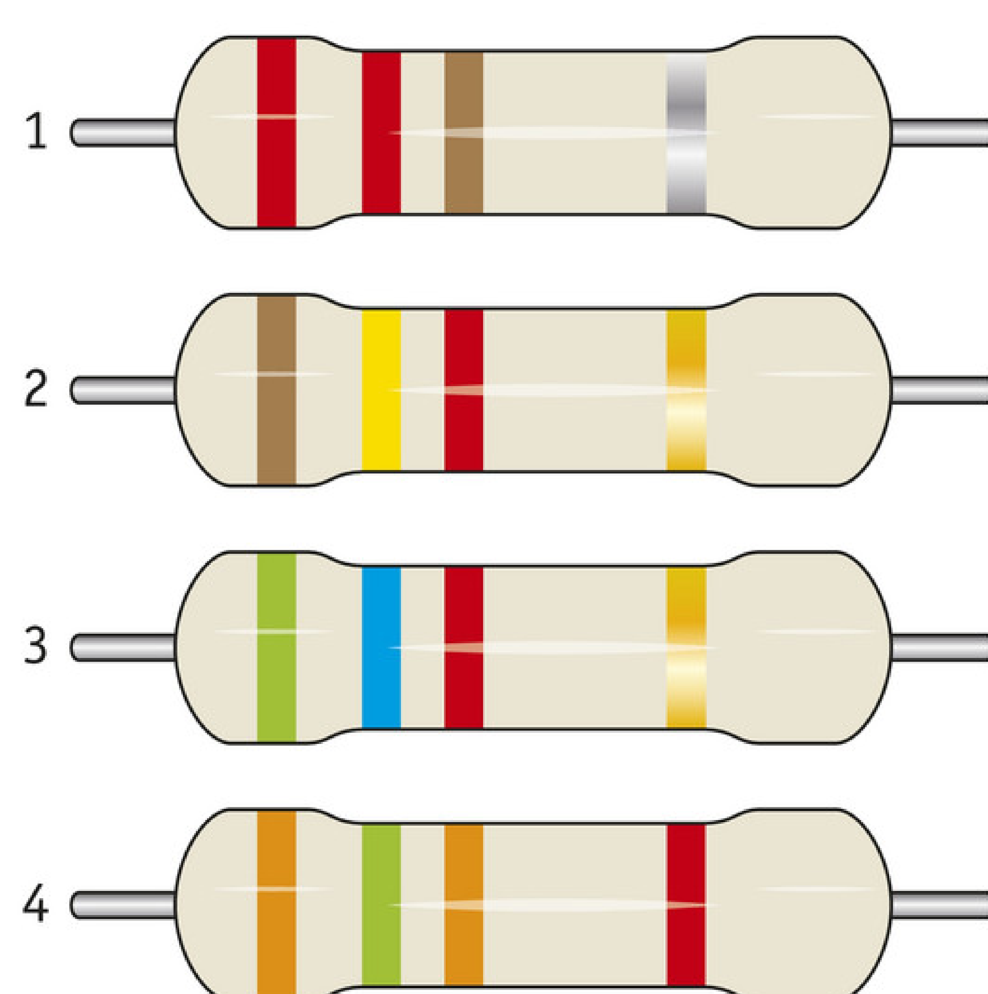
.... ± ....

c Hoe groot is weerstand 3, met de code groen-blauw-rood-goud?

.... ± ....

d Hoe groot is weerstand 4, met de code oranje-groen-oranje-rood?

.... ± .... = ... kΩ ± ....



afbeelding 10 De weerstanden van Narek.

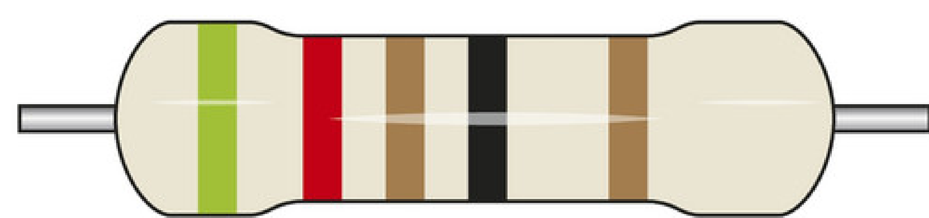
10 In afbeelding 11 zie je een weerstand met vijf ringen: groen-rood-bruin-zwart-bruin.

a Volgens de eerste vier ringen is deze weerstand .... Ω.

b Volgens de vijfde ring is de maximale afwijking ....%.

c De weerstand mag dus hoogstens ....% van .... Ω = ... Ω afwijken van de aangegeven waarde.

d De weerstandswaarde is dus minimaal .... Ω en maximaal .... Ω.



afbeelding 11 Een weerstand met vijf ringen.

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

2 LDR en NTC

LEERDOELEN

9.2.1 Je kunt de drie delen beschrijven waaruit een eenvoudige automatische schakeling bestaat.
9.2.2 Je kunt uitleggen wanneer de weerstand van een LDR toeneemt en wanneer hij afneemt.
9.2.3 Je kunt een schakeling tekenen waarin de hoeveelheid licht met een LDR wordt gemeten.
9.2.4 Je kunt uitleggen wanneer de weerstand van een NTC toeneemt en wanneer hij afneemt.
9.2.5 Je kunt een schakeling tekenen waarin een NTC als temperatuursensor wordt gebruikt.
9.2.6 Je kunt de vervangingsweerstand van een serieschakeling berekenen.
9.2.7 Je kunt beschrijven hoe je de weerstandswaarde van een schuifweerstand kunt instellen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	9.2.1	9.2.2	9.2.3	9.2.4	9.2.5	9.2.6	9.2.7	9.1.4*	9.1.6*
Onthouden		1def	3d	1abc	2	3a	3b		
Begrijpen	4ab			8b	5c		3c		10a
Toepassen		6ab		5ab, 8a		9a, 10bcd, 11ab		7ab, 9b	
Analyseren		7c							

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Als het ’s avonds donker wordt om je heen, geeft het scherm van je mobiele telefoon meer licht. Hoe kan je telefoon nagaan dat het donkerder wordt?

AUTOMATISCHE SCHAKELINGEN

Veel mensen hebben een buitenlamp die vanzelf aan- en uitgaat. Zo’n lamp wordt bediend door een **automatische schakeling**. Dat is een schakeling die zelfstandig een bepaalde taak voor je uitvoert: het licht aandoen, koffiezetten, de was doen, de verwarming aan- en uitzetten, enzovoort.

Een eenvoudige automatische schakeling bestaat uit drie delen: een sensor, een schakelaar en een actuator.

- De **sensor** produceert een elektrisch signaal dat informatie over de omgeving geeft.
- De **schakelaar** schakelt iets in of uit als de sensor daar het signaal voor geeft.
- De **actuator** doet iets wat nuttig of prettig is voor de gebruiker van de schakeling.

In sommige buitenlampen zit een sensor die reageert op de hoeveelheid licht. Als het donker wordt, verandert het signaal van de sensor. Een schakelaar in de lamp schakelt dan de lamp in.

Er zijn ook buitenlampen die aangaan als er iemand aankomt (afbeelding 1). In zo'n lamp wordt een infrarooddetector als sensor gebruikt. Deze sensor reageert op de warmtestraling die mensen en dieren uitzenden.



afbeelding 1 Buitenlamp met infrarooddetector als bewegingssensor.

EEN LICHTSENSOR: DE LDR

Een **LDR** is een veelgebruikte lichtsensor (afbeelding 2). De letters LDR staan voor *Light Dependent Resistor* = lichtgevoelige weerstand. Zoals de naam al aangeeft, hangt de weerstand van een LDR af van de hoeveelheid licht die erop valt. In het donker is de weerstand van een LDR erg groot (tot wel 10 000 000 Ω). Als er fel licht op de LDR valt, is zijn weerstand vrij klein (zo'n 100 Ω).

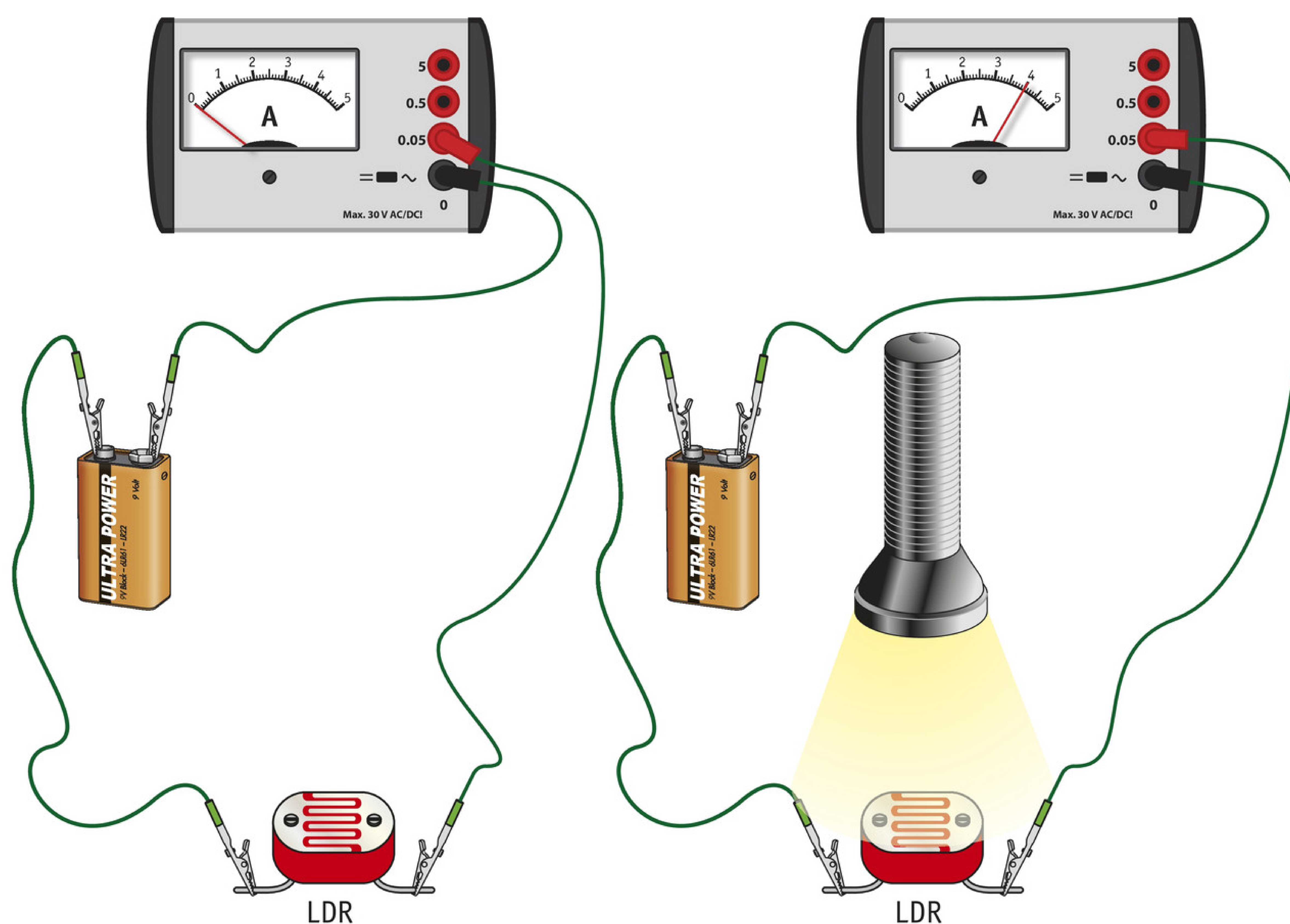
afbeelding 2 Een LDR: in het echt (a) en als schakelsymbool (b).



Je kunt een LDR gebruiken als sensor in een lichtsterktemeter. In afbeelding 3 is hiervoor een schakeling getekend. Hoe meer licht er op de LDR valt:

- des te kleiner is zijn weerstand, en
- des te groter is de stroomsterkte die de stroommeter aangeeft.

De stroomsterkte is een elektrisch signaal dat informatie geeft over de lichtsterkte. Je kunt dit signaal met een stroommeter meten, zodat je weet hoeveel licht er is. Je kunt het signaal ook gebruiken in een automatische schakeling die een lamp aan- en uitzet. Zie daarover paragraaf 4 van dit hoofdstuk.



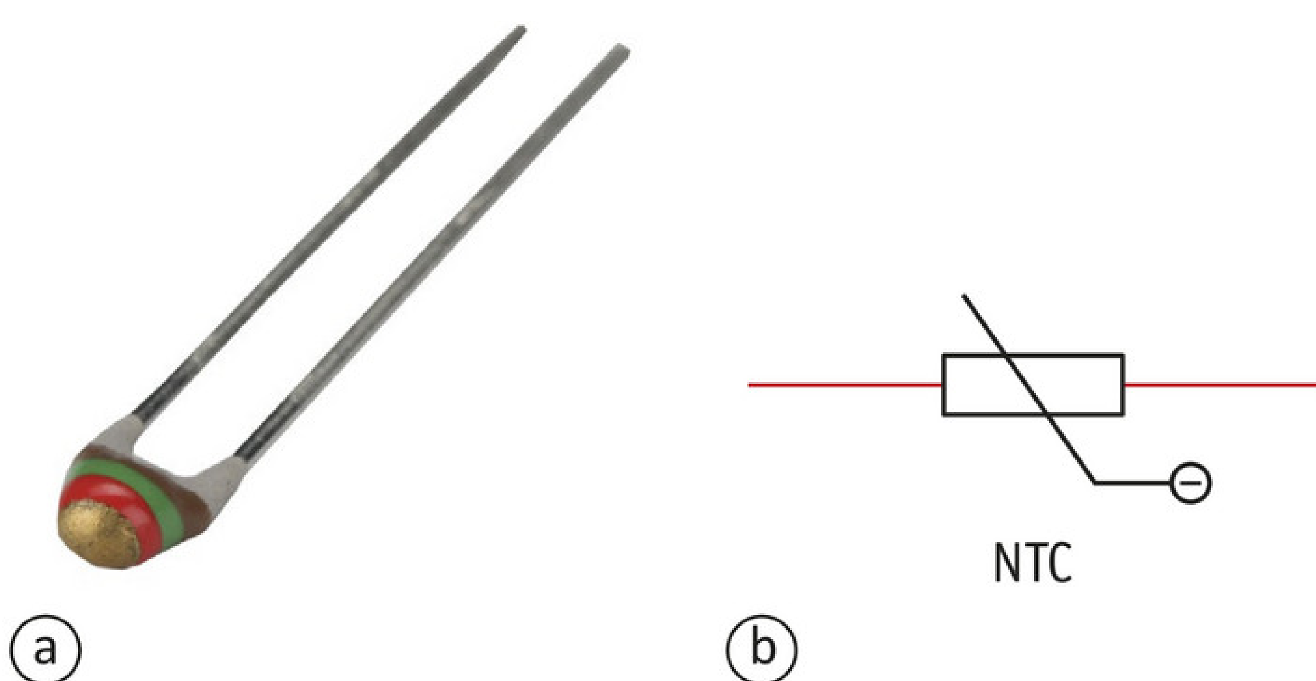
afbeelding 3 Deze schakeling kun je als lichtmeter gebruiken.

EEN TEMPERATUURSENSOR: DE NTC

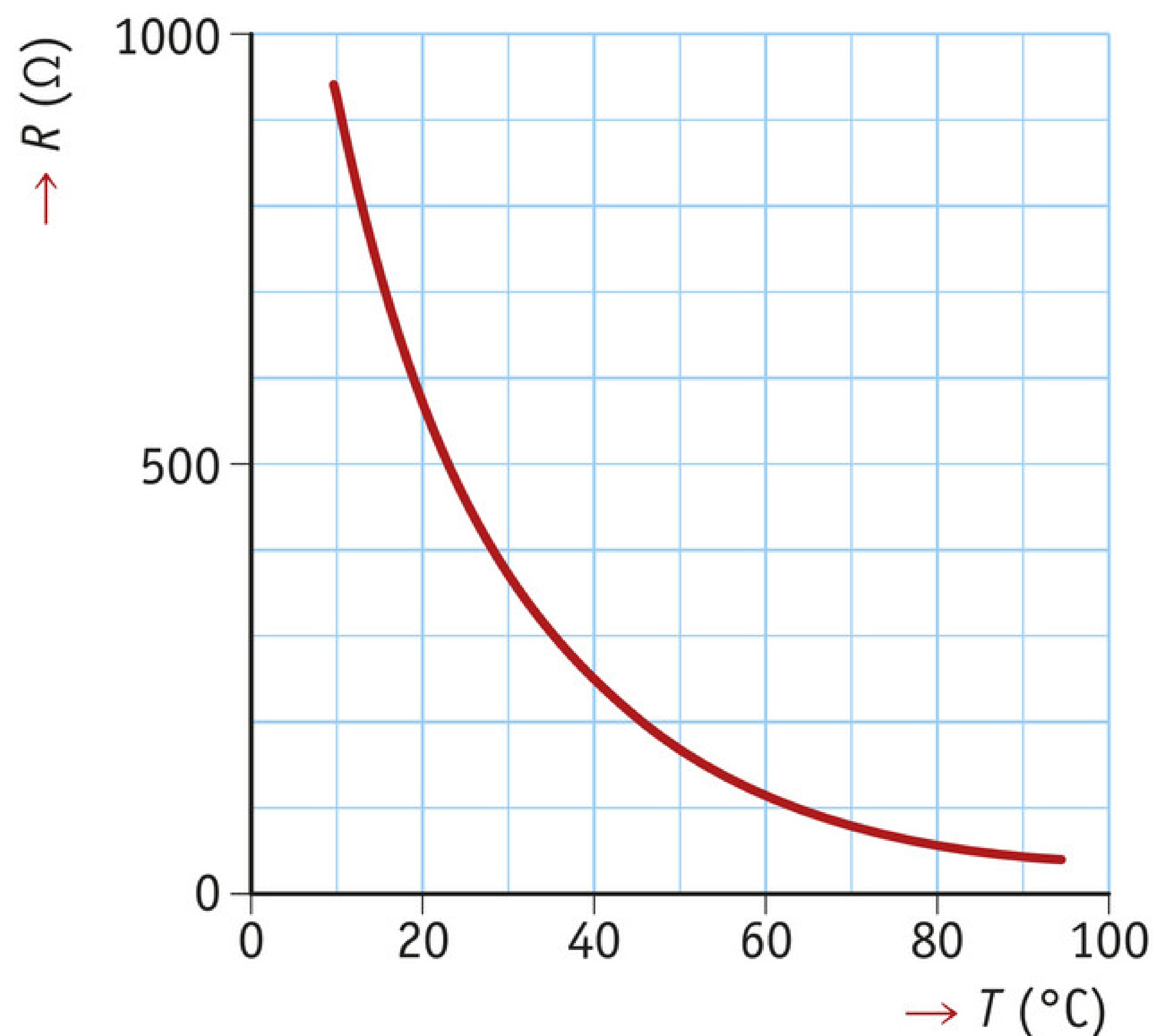
PROEF 4

Een **NTC** is een veelgebruikte temperatuursensor (afbeelding 4). De weerstand van een NTC wordt kleiner als zijn temperatuur stijgt. Vandaar de aanduiding *Negatieve Temperatuur Coëfficiënt*, afgekort NTC.

afbeelding 4 Een NTC: in het echt (a) en als schakelsymbool (b).



In afbeelding 5 zie je hoe de weerstand afneemt bij een stijgende temperatuur. NTC-weerstanden zijn er in allerlei waarden. Het is de gewoonte om op te geven hoe groot de weerstand van een NTC is bij 25 °C. Ga zelf na hoe groot die weerstand is bij de NTC van afbeelding 5.

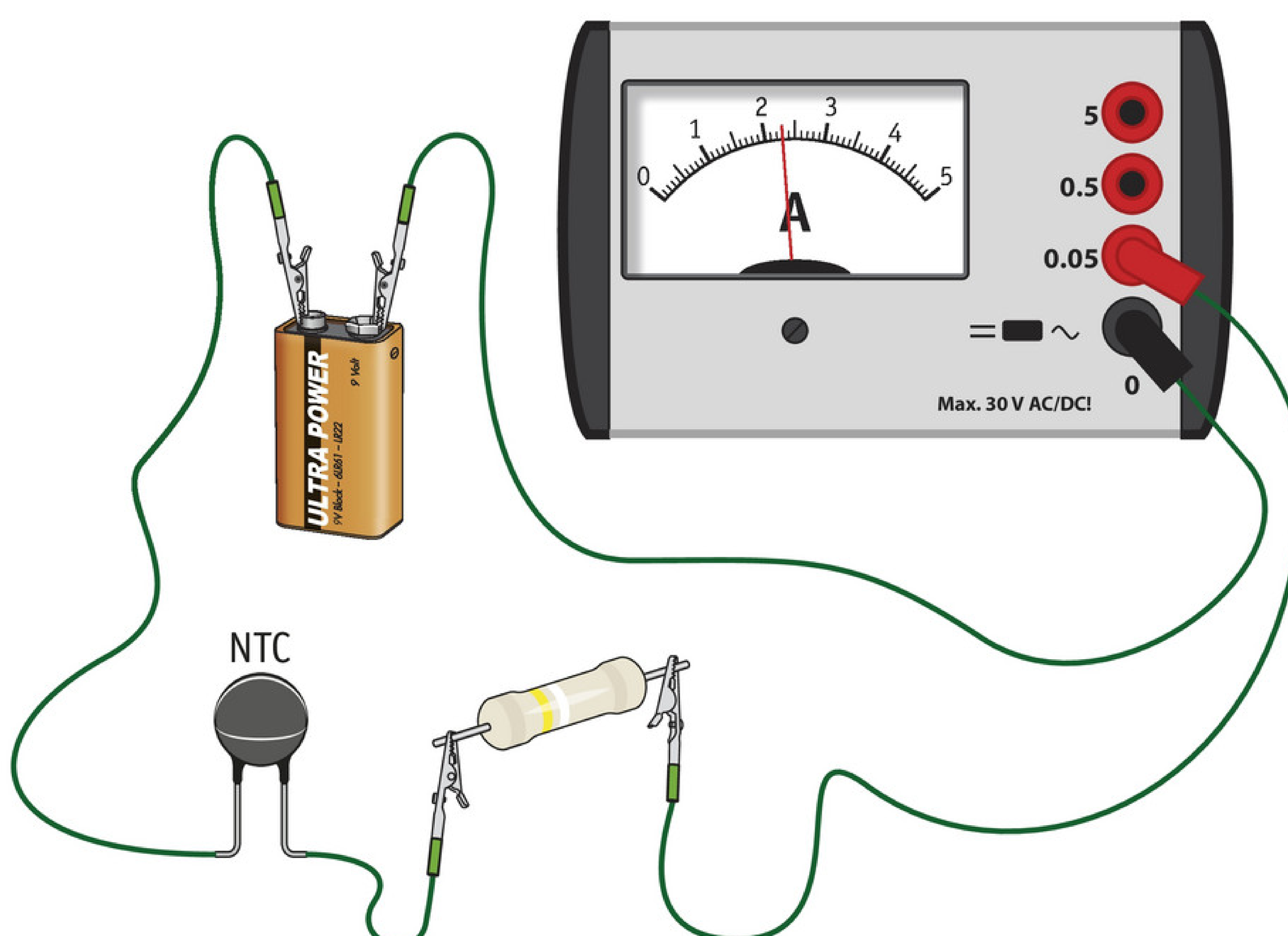


afbeelding 5 Hoe hoger de temperatuur, des te kleiner is de weerstand.

Je kunt een NTC gebruiken als sensor in een elektronische thermometer, bijvoorbeeld voor een automatisch weerstation. In afbeelding 6 is hiervoor een schakeling getekend. De NTC zet je op de plaats waar je de temperatuur wilt meten. Hoe hoger de temperatuur:

- des te kleiner is de weerstand van de NTC, en
- des te groter is de stroomsterkte die de stroommeter aangeeft.

De stroomsterkte is een elektrisch signaal dat informatie geeft over de temperatuur. Je kunt de schaalverdeling op de stroommeter daarom vervangen door een schaalverdeling in graden Celsius. Je moet de meter daarvoor **ijken** met een gewone thermometer.



afbeelding 6 Deze schakeling kun je als thermometer gebruiken.

DE STROOM BEGRENZEN

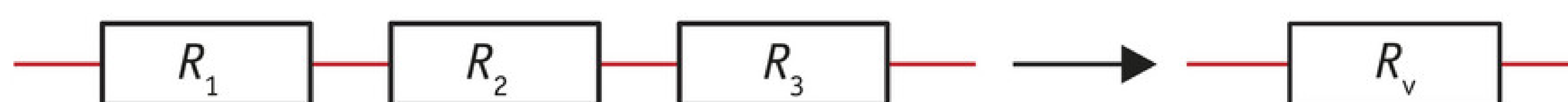
Zoals je ziet is in de schakeling van afbeelding 6 ook een gewone weerstand opgenomen. Dat is gedaan omdat een NTC gemakkelijk te heet kan worden; als er stroom door een NTC loopt, wordt de NTC warmer. Daardoor vermindert zijn weerstand, zodat de stroomsterkte nog groter wordt, enzovoort. Dat gaat door totdat de NTC doorbrandt.

Om dit te voorkomen, wordt een gewone weerstand in serie geschakeld met de NTC. De gewone weerstand werkt als een stroombegrenzer. Hij zorgt ervoor dat de totale weerstand groot genoeg blijft. Daardoor blijft de stroomsterkte binnen veilige grenzen.

Je kunt de totale weerstand berekenen door de afzonderlijke weerstanden bij elkaar op te tellen (afbeelding 7). In formulevorm ziet dat er zo uit:

$$R_v = R_1 + R_2 + ...$$

Als je één weerstand van 100 Ω en één van 200 Ω in serie zet, hebben ze samen een weerstand van 300 Ω. Je kunt R_1 en R_2 dus vervangen door één weerstand van 300 Ω. Voor de rest van de schakeling maakt dat niets uit. Je zegt daarom dat R_1 en R_2 een vervangingsweerstand R_v van 300 Ω hebben.



afbeelding 7 Weerstanden in serie tel je bij elkaar op.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Ingrid heeft een doosje met een heleboel weerstandjes van 100 Ω, 200 Ω en 500 Ω. Voor een proef heeft ze een weerstand van 900 Ω nodig.
Hoe kan ze zo'n weerstand maken met zo weinig mogelijk weerstandjes uit het doosje?

gegevens $R_1 = 500\ \Omega$
$R_2 = 200\ \Omega$
$R_3 = 200\ \Omega$

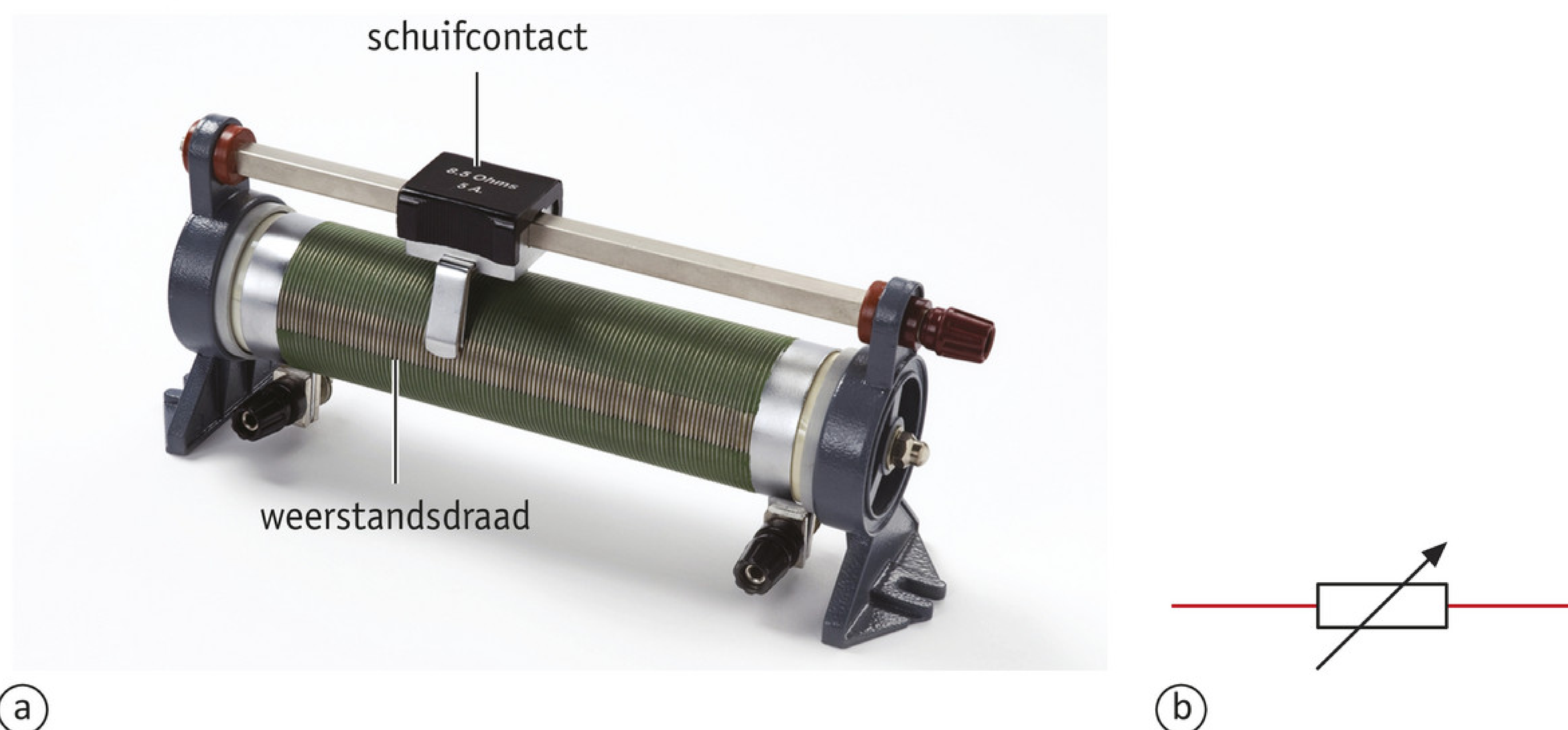
gevraagd $R_v = ?$

uitwerking $R_v = R_1 + R_2 + R_3 = 500 + 200 + 200 = 900\ \Omega$

Ingrid moet dus drie weerstandjes in serie schakelen: één van 500 Ω en twee van 200 Ω. De vervangingsweerstand is dan 900 Ω.

Er bestaan ook variabele (regelbare) weerstanden waarvan je de grootte zelf kunt instellen, zoals de **schuifweerstand** in afbeelding 8. In die weerstand zit een spiraal van weerstandsdraad, waarover je een beweegbaar contact heen en weer kunt schuiven. Zo kun je een langer of korter deel van de weerstandsdraad inschakelen. Hoe langer het ingeschakelde deel, des te groter is de weerstand.

afbeelding 8 Een schuifweerstand: in het echt (a) en als schakelsymbool (b).



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Twee bijzondere weerstanden zijn de NTC en de LDR.

a De afkorting NTC staat voor ....

b Als de .... van een NTC daalt, neemt zijn weerstand

....

c Je kunt een NTC in schakelingen toepassen als .... sensor.

d De afkorting LDR staat voor ....

e Als er .... op een LDR valt, neemt zijn weerstand ....

f Je kunt een LDR in schakelingen als .... sensor toepassen.

2 Een NTC wordt meestal in serie geschakeld met een gewone weerstand.
Leg uit waarom zo'n extra weerstand noodzakelijk is.

....

....

....

....

3  Je kunt weerstanden combineren door ze in serie te schakelen.

a Met welke formule kun je de vervangingsweerstand van zo'n serieschakeling berekenen?

....

b Waarom noem je een schuifweerstand een variabele weerstand?

....

....

....

c Hoe kun je een schuifweerstand instellen op een grotere weerstandswaarde?

....

....

....

d Teken het symbool van een LDR, een NTC en een schuifweerstand.

TOEPASSING

4 De deuren van een supermarkt worden bediend door een automatische schakeling.

a Wat moet de sensor in deze schakeling waarnemen?

....

....

b Wat moet de actuator in deze schakeling doen?

....

....

5 De NTC in afbeelding 9 zit onder in de benzinetank van een auto. De stroom die door de NTC loopt, kan de NTC opwarmen.
Kies de juiste woorden.

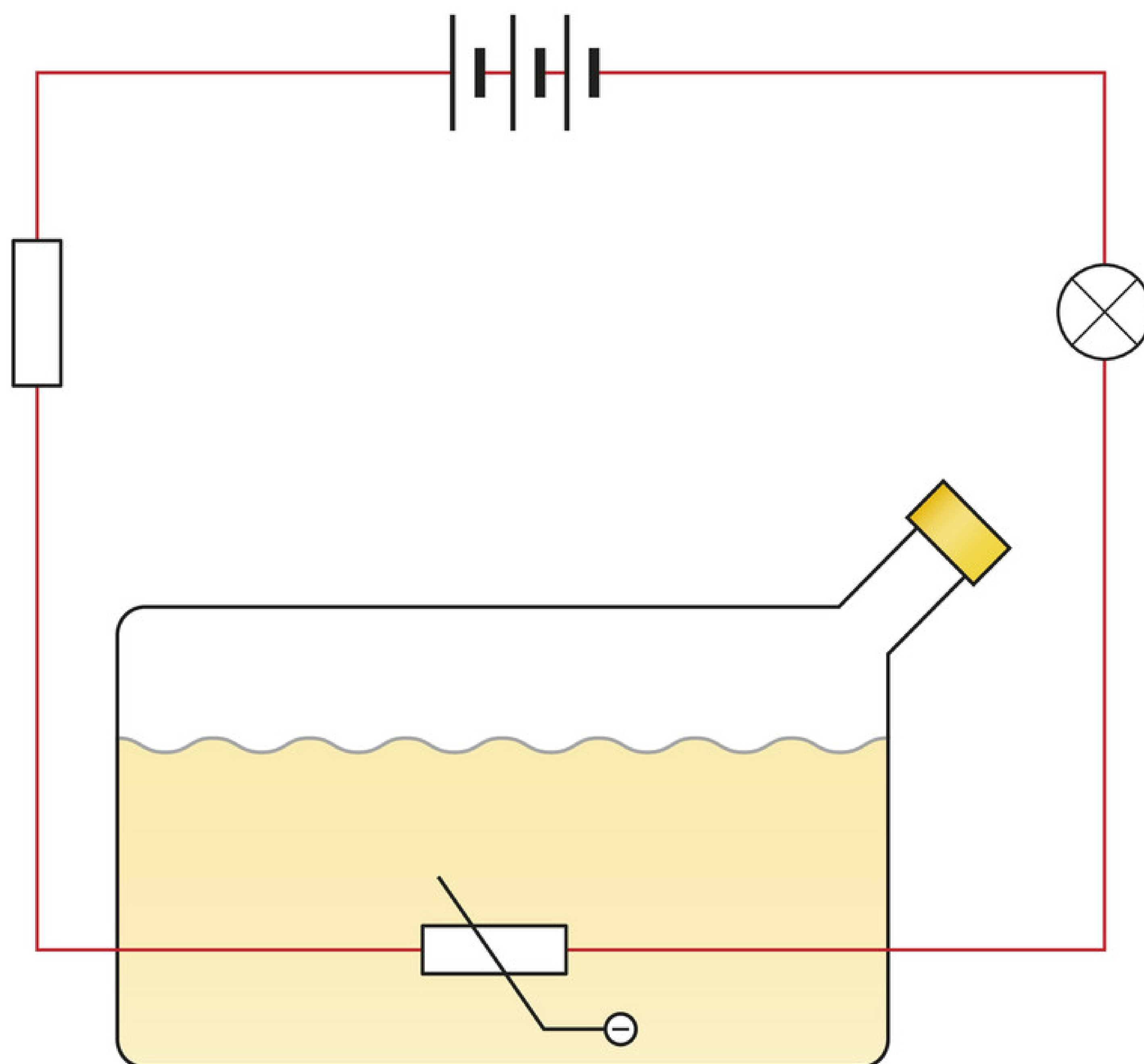
a Zolang de NTC onder het vloeistofoppervlak blijft, wordt hij door de benzine gekoeld. In deze situatie:
- is de temperatuur van de NTC *hoog* / *laag*;
- is de weerstand van de NTC *groot* / *klein*;
- is de stroomsterkte door de NTC *groot* / *klein*;
- brandt het signaallampje *wel* / *niet*.

b Als de tank bijna leeg is, wordt de NTC niet langer door de benzine gekoeld. In deze situatie:
- is de temperatuur van de NTC *hoog* / *laag*;
- is de weerstand van de NTC *groot* / *klein*;
- is de stroomsterkte door de NTC *groot* / *klein*;
- brandt het signaallampje *wel* / *niet*.

c Het lampje is aangebracht op het dashboard.
Wat weet de automobilist als het lampje gaat branden?

....

....

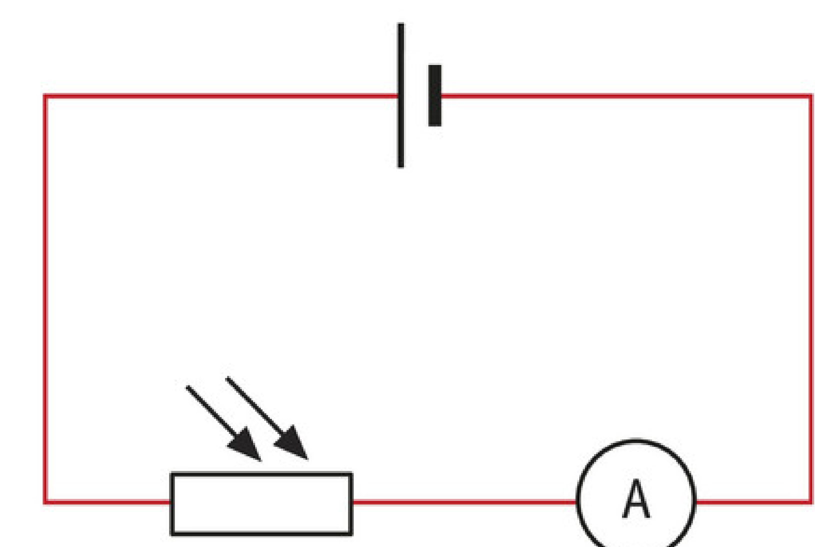


afbeelding 9 Een NTC in een benzinetank.

6 Je kunt een LDR gebruiken als sensor in een lichtsterktemeter.
In afbeelding 10 zie je het schakelschema van zo'n lichtsterktemeter.
Kies de juiste woorden.

a Als er maar weinig licht op de LDR valt:
- is de weerstand van de LDR *groot* / *klein*;
- is de stroomsterkte door de LDR *groot* / *klein*;
- slaat de meter *nauwelijks* / *ver* uit.

b Als er fel zonlicht op de LDR valt:
- is de weerstand van de LDR *groot* / *klein*;
- is de stroomsterkte door de LDR *groot* / *klein*;
- slaat de stroommeter *nauwelijks* / *ver* uit.



afbeelding 10 Een eenvoudige lichtsterktemeter.

★ 7

Egbert en Rik hebben de lichtsterktemeter van opdracht 6 gebouwd. De batterij levert een spanning van 3,0 V. Als ze de LDR in de felle zon houden, is de stroomsterkte 0,22 A.

a Bereken hoe groot de weerstand van de LDR dan is.

....

....

....

....

....

b Zes uur later is de stroomsterkte nog maar 0,1 mA.
Bereken hoe groot de weerstand van de LDR dan is in kΩ.

....

....

....

....

....

c Hoe kan de weerstand van de LDR in zes uur tijd zoveel groter worden?

....

....

....

8  Fiona heeft een NTC-thermometer geijkt met behulp van een gewone thermometer. In tabel 1 zie je haar meetresultaten.

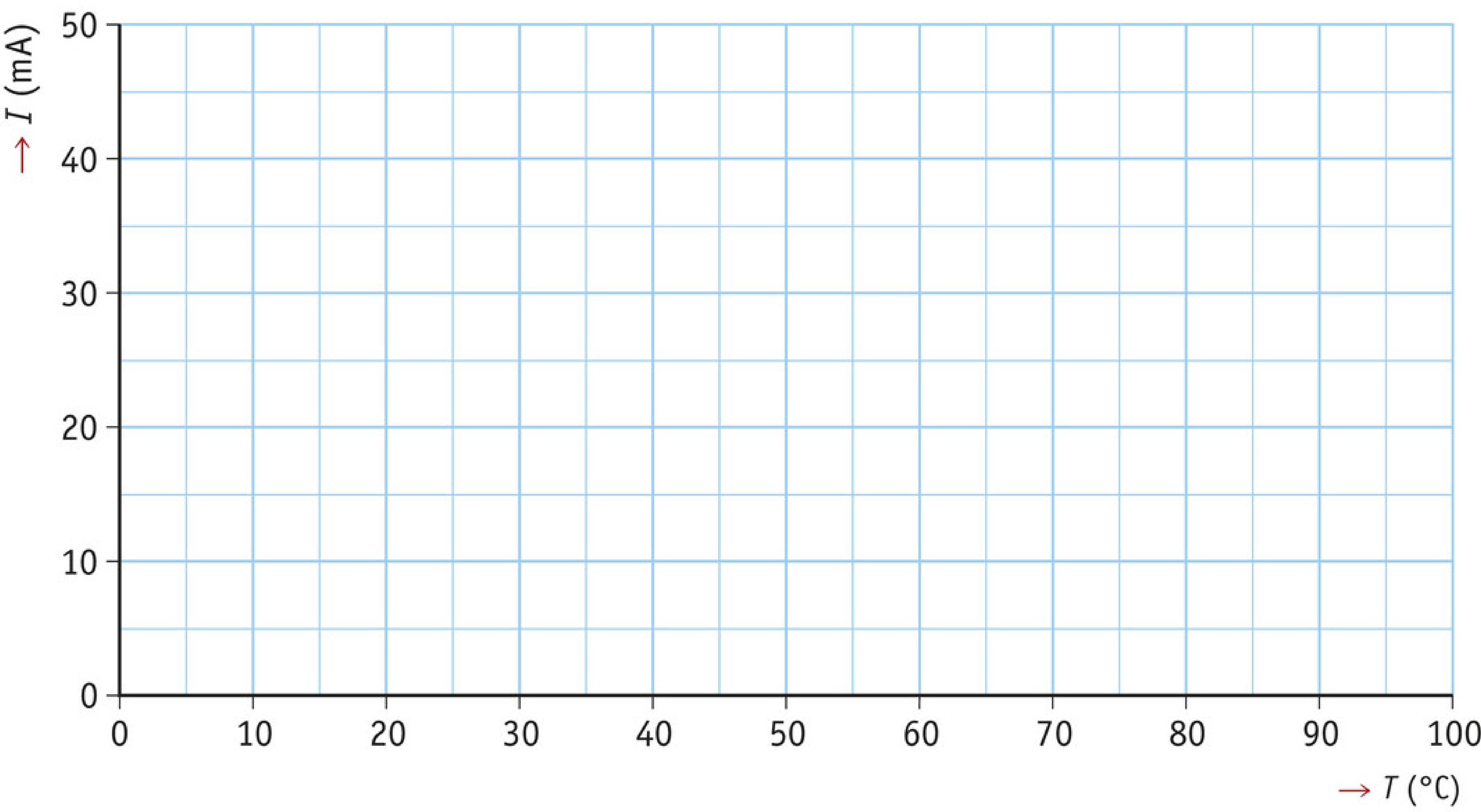
a Teken in afbeelding 11 het verband tussen de temperatuur en de stroomsterkte.

b Als de NTC-thermometer is geijkt, kan Fiona hem daarna echt gebruiken.
Bepaal met behulp van de grafiek hoe hoog de temperatuur is:

- als Fiona een stroomsterkte afleest van 18 mA: ....
- als Fiona een stroomsterkte afleest van 35 mA: ....
- als Fiona een stroomsterkte afleest van 40 mA: ....

tabel 1 De stroomsterkte door een NTC.

T (°C)	*I* (mA)
20	7
30	11
40	15
50	20
60	25
70	31
80	38



afbeelding 11 Het verband tussen de stroomsterkte en de temperatuur.

9  Zie de vaardigheid *Werken met formules*.
Bekijk de serieschakeling die in afbeelding 12 is getekend.

a Bereken de totale weerstand (R_v).

....

....

....

....

....

....

b Bereken de stroomsterkte door de schakeling (in mA).

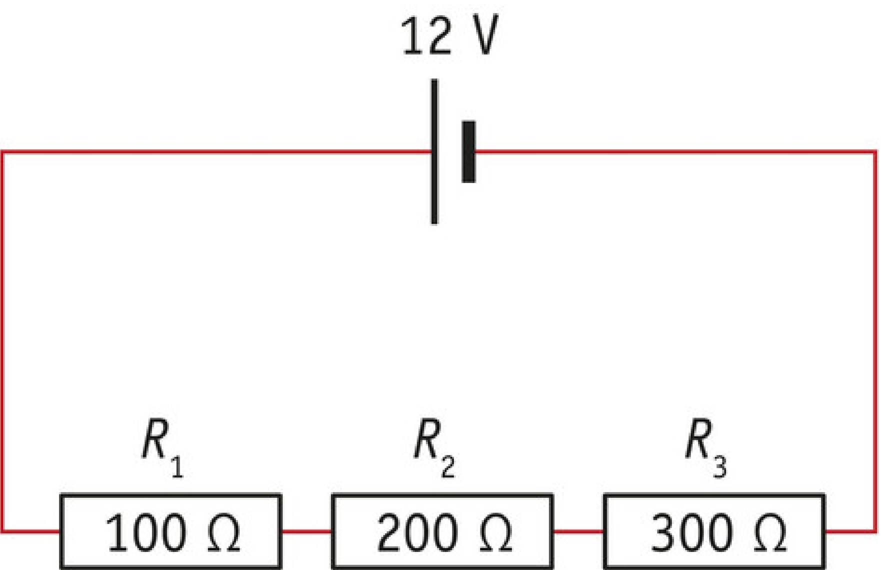
....

....

....

....

....



afbeelding 12 Een serieschakeling.

10 Tijdens een practicum kan Rudy gebruikmaken van vier verschillende weerstandjes. In tabel 2 zie je welke kleurcode op de weerstandjes staat.

a Vul in tabel 2 de ontbrekende weerstandswaarden in. Van één weerstandje is dat al voorgedaan.

tabel 2 De vier weerstandjes van Rudy.

nr.	ring A	ring B	ring D	ring T	waarde
1	rood	rood	bruin	goud	
2	blauw	grijs	bruin	goud	680 Ω ± 5%
3	bruin	zwart	rood	goud	
4	groen	blauw	rood	goud	

b Rudy kan de weerstanden in tabel 2 ook gecombineerd gebruiken.
Hoe kan hij met twee van deze weerstandjes een (totale) weerstand van 900 Ω maken?

....

....

....

c Hoe kan Rudy met twee van deze weerstandjes een (totale) weerstand maken van 1,7 kΩ (ongeveer 1700 Ω)?

....

....

....

d Rudy heeft voor een schakeling een weerstand nodig van ongeveer 1900 Ω.
Hoe kan hij een (totale) weerstand van 1900 Ω maken met de weerstandjes in tabel 2?

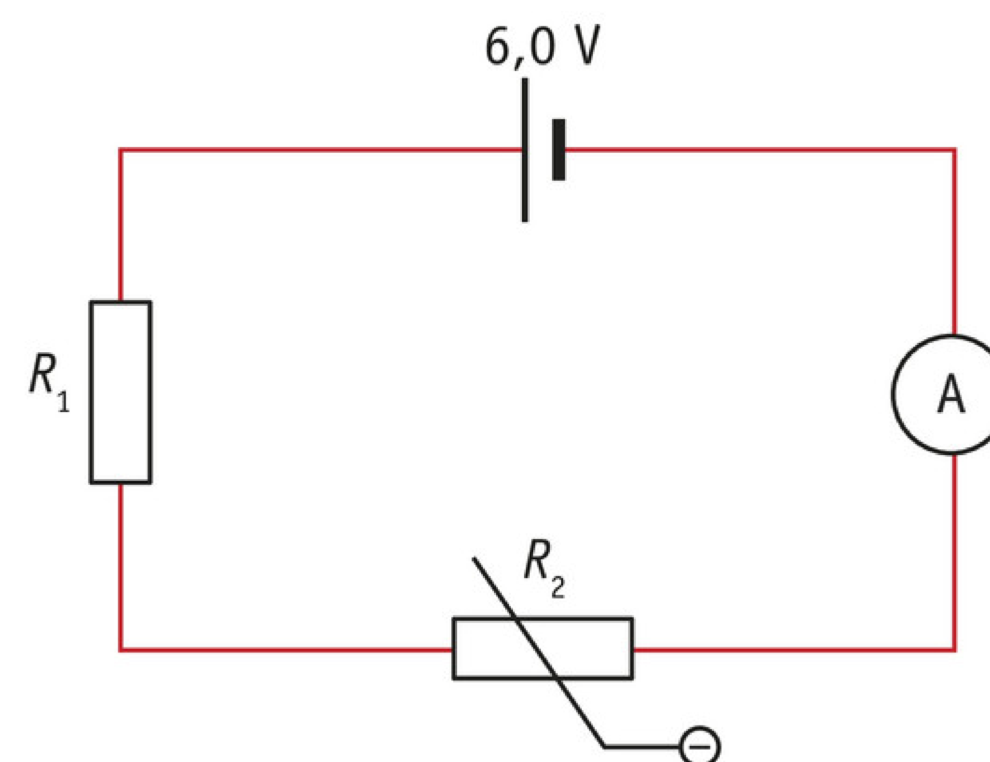
....

....

....

★ 11

Joanne maakt een thermometerschakeling met een NTC. Ze schakelt de NTC daarbij in serie met een gewone weerstand (R_1 = 100 Ω). Die moet ervoor zorgen dat de stroomsterkte door de NTC niet te groot wordt (afbeelding 13).
Bij een temperatuur van 50 °C heeft de NTC een weerstand van 341 Ω.



afbeelding 13 De schakeling van Joanne.

a Bereken hoe groot de stroomsterkte bij deze temperatuur wordt.

....

....

....

....

....

....

....

b Bij een temperatuur van 100 °C heeft de NTC een weerstand van 72 Ω.
Bereken hoe groot de stroomsterkte bij deze temperatuur wordt.

....

....

....

....

....

....

....


Test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Schakelen met een relais

LEERDOELEN

9.3.1 Je kunt de onderdelen beschrijven waaruit een elektromagneet is opgebouwd.
9.3.2 Je kunt uitleggen hoe een elektromagneet een stroomkring kan inschakelen.
9.3.3 Je kunt met symbolen tekenen hoe je een relais in een schakeling opneemt.
9.3.4 Je kunt toelichten hoe een relais wordt toegepast in een automatische schakeling.
9.3.5 Je kunt uitleggen hoe je een reedcontact in een schakeling als sensor gebruikt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN								
	9.3.1	9.3.2	9.3.3	9.3.4	9.3.5	9.1.1*	9.1.3*	1.1.5* (leerjaar 3)	1.4.1* (leerjaar 3)	5.2.1* (leerjaar 1-2)
Onthouden	2abc	1abcd, 6d			3abcd		7a			
Begrijpen		4ab		4c, 7d	8ab					
Toepassen		7b	5b, 6a	5a, 7c	9ac				6e	7d
Analyseren					9b	6c		7e	6b	

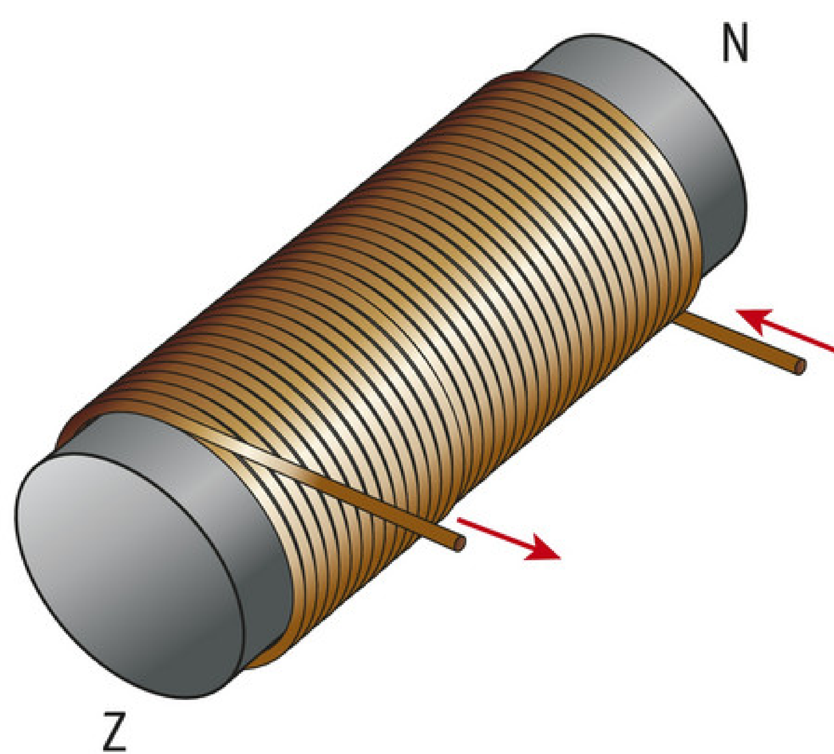
* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Als je een apparaat met een afstandsbediening aanzet, hoor je vaak een klik. Waar komt die klik vandaan?

ELEKTROMAGNETEN

Een **relais** is een automatische schakelaar die je in allerlei apparaten kunt tegenkomen: wasmachines, televisies, magnetrons, buitenlampen, enzovoort. Je kunt een relais herkennen aan het klikkende geluid dat het tijdens het schakelen maakt.

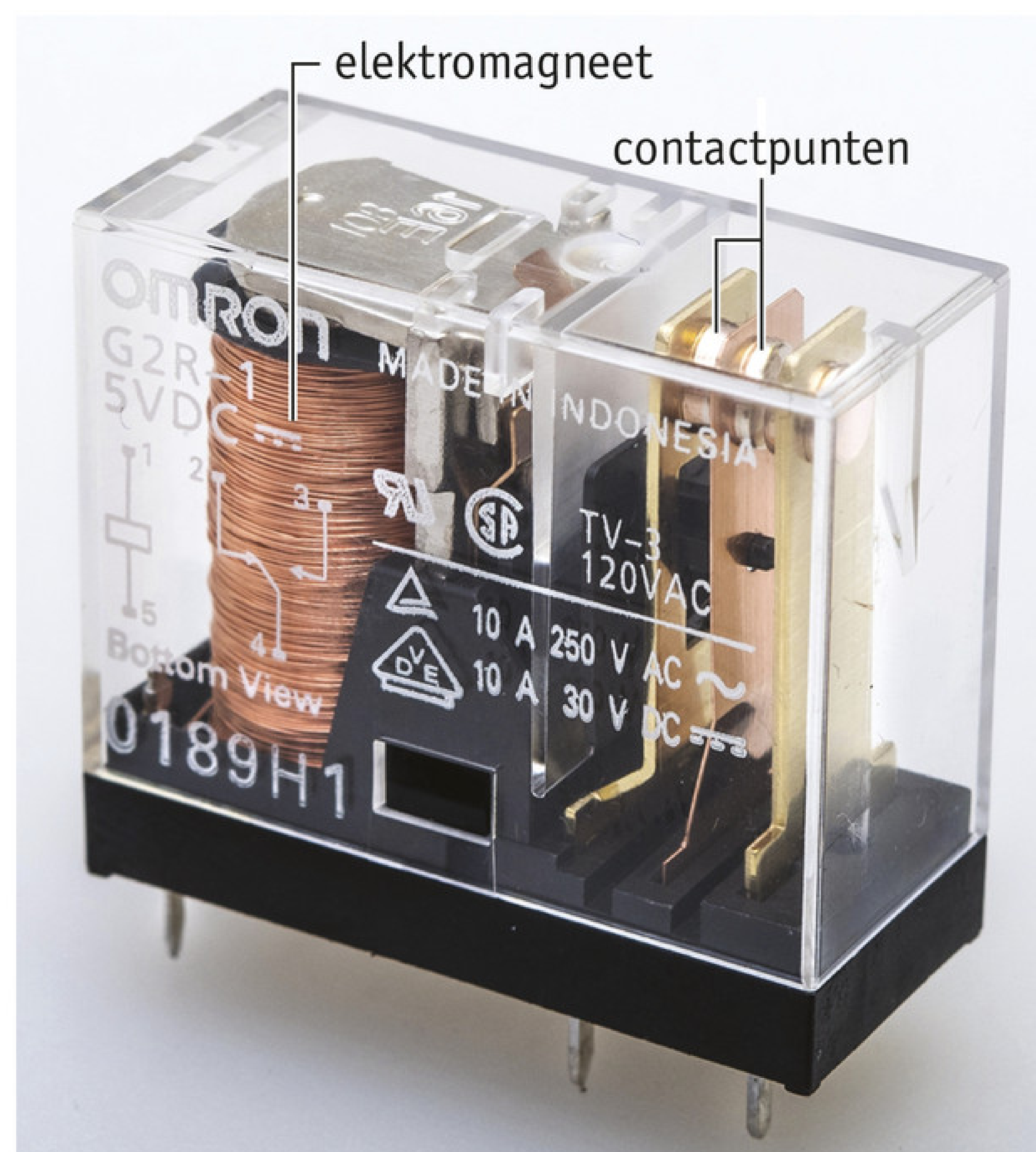
In een relais wordt gebruikgemaakt van een **elektromagneet** (afbeelding 1): een lange, geïsoleerde koperdraad die rond een ijzeren kern is gewikkeld. Zo'n spiraalvormig gewikkelde koperdraad noem je een **spoel**. Als je stroom door een spoel laat lopen, wordt hij magnetisch. Net als bij een staafmagneet heb je een **noordpool** aan de ene kant en een **zuidpool** aan de andere kant.

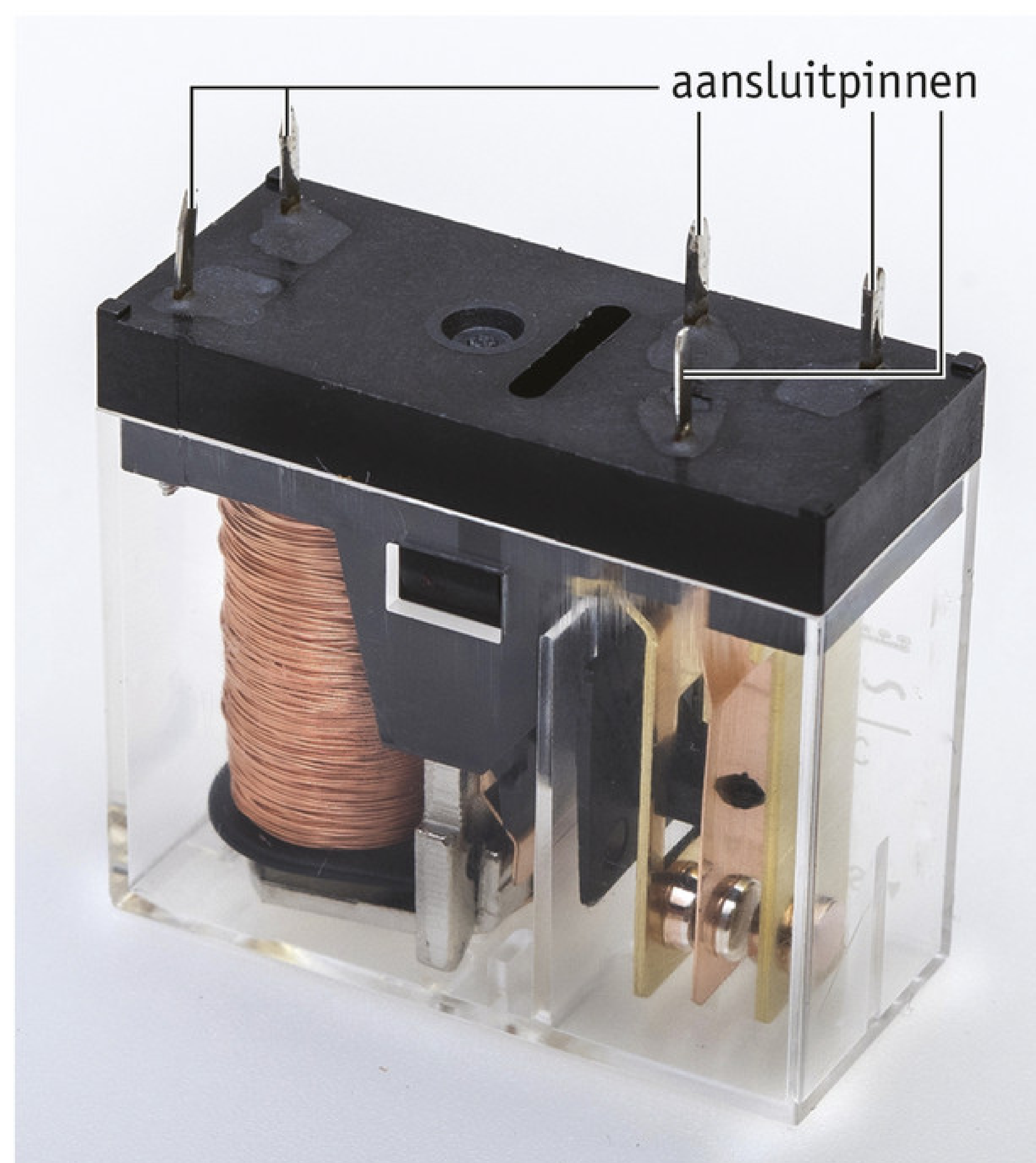


afbeelding 1 Een elektromagneet.

In afbeelding 2a zie je een relais. De elektromagneet, met zijn wikkelingen van geïsoleerd koperdraad, bevindt zich links. Rechts zijn de contactpunten te zien waartussen het relais kan schakelen. Aan de onderkant bevinden zich metalen pinnen waarmee je het relais kunt aansluiten (afbeelding 2b).

afbeelding 2 Een relais, van boven (a) en van onderen (b).





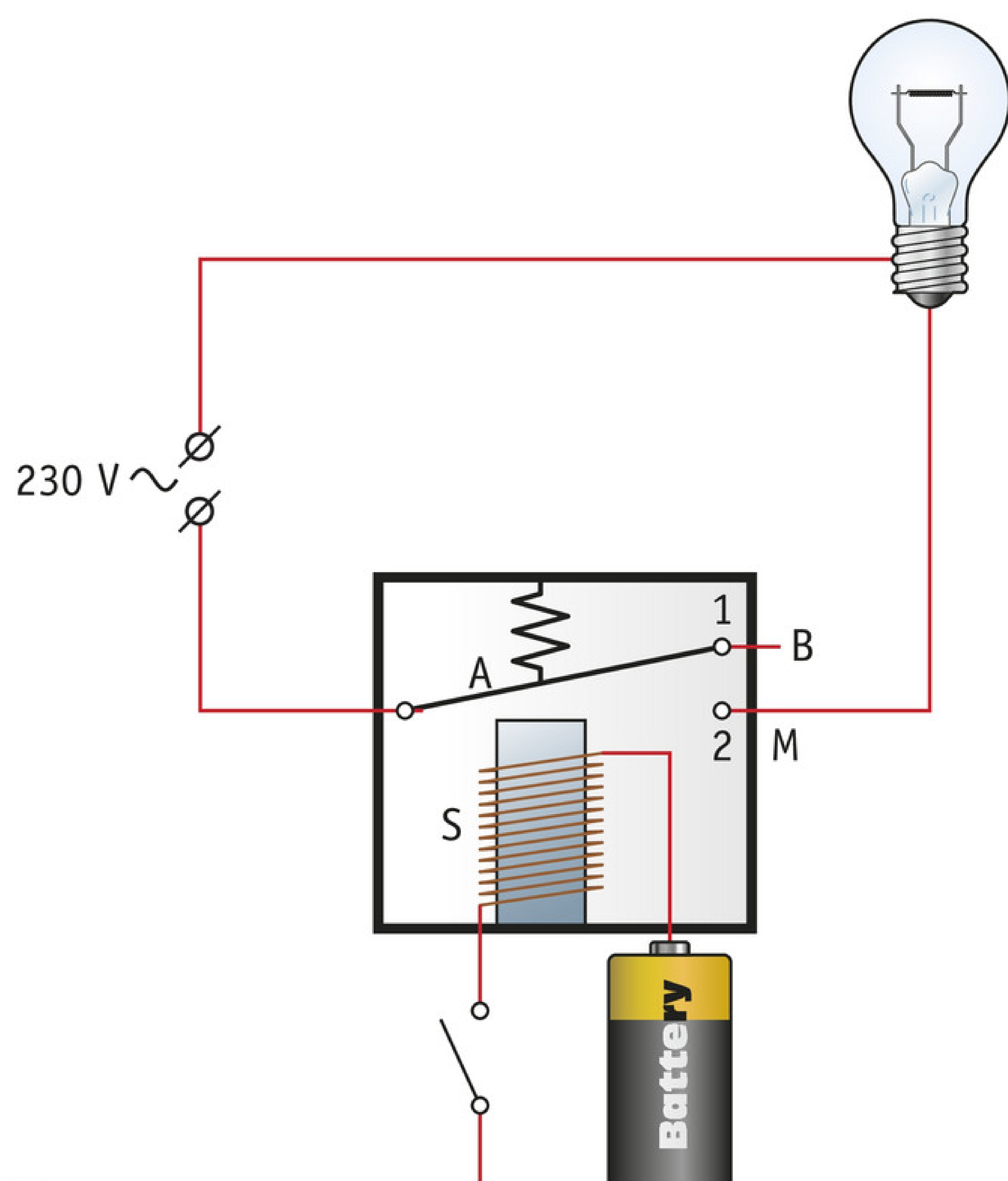
DE WERKING VAN EEN RELAIS

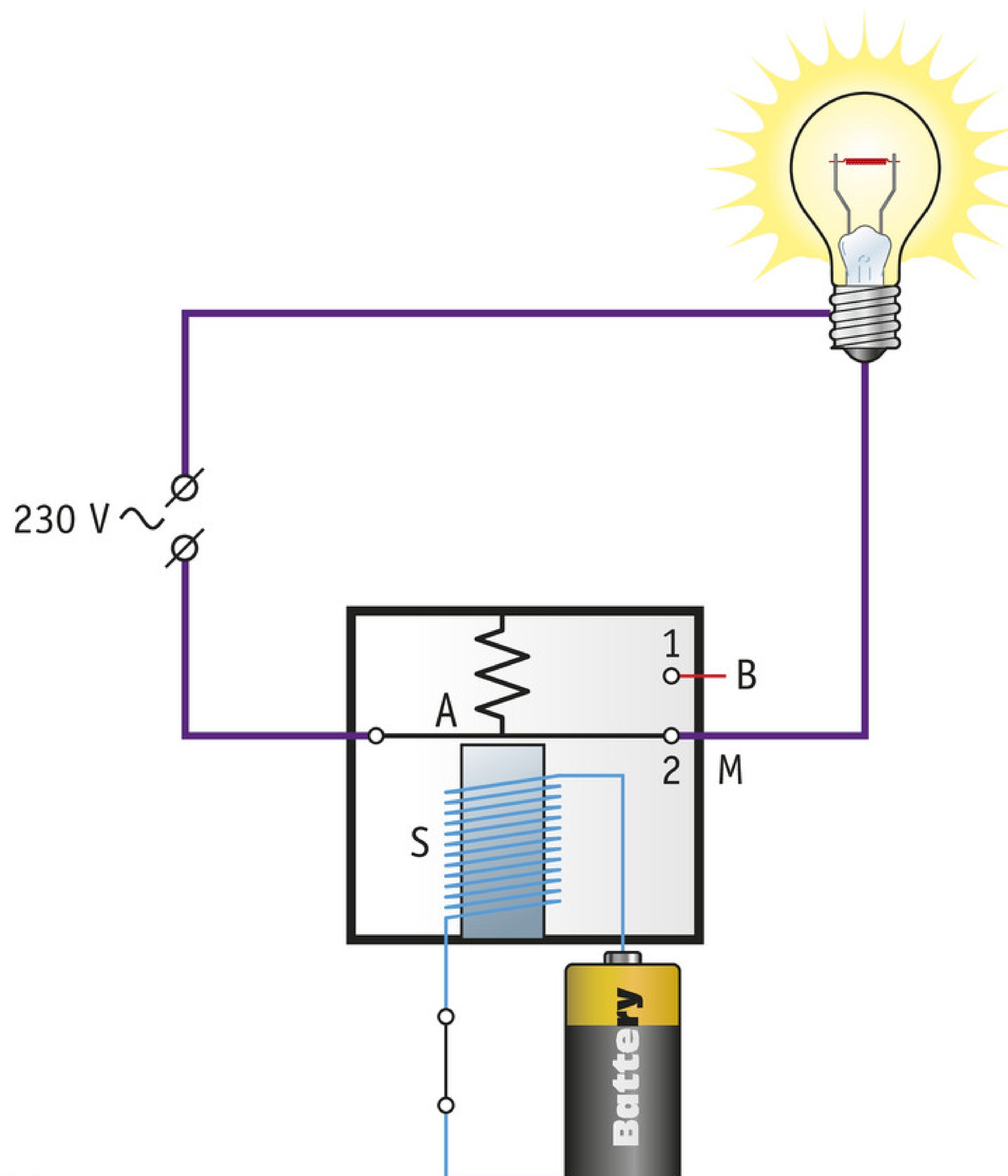
PROEF 5

In afbeelding 3 is schematisch getekend hoe je een lamp met een relais kunt in- en uitschakelen. Als er geen stroom door de spoel loopt, is de spoel S niet magnetisch. Een veer trekt het beweegbare **anker** A dan omhoog (afbeelding 3a). Daardoor wordt het anker tegen contactpunt 1 aangedrukt. Er kan dan geen stroom lopen via contactpunt 2: de lamp is uit.

De spoel wordt magnetisch als je er stroom doorheen laat lopen. Hij trekt dan het stalen anker naar zich toe. Daardoor wordt het anker tegen contactpunt 2 aangedrukt (afbeelding 3b). Dit veroorzaakt het typische klikgeluid van een relais. De stroomkring via contactpunt 2 is hierdoor gesloten: de lamp begint te branden.

afbeelding 3 Een relais: schakelen met een elektromagneet.



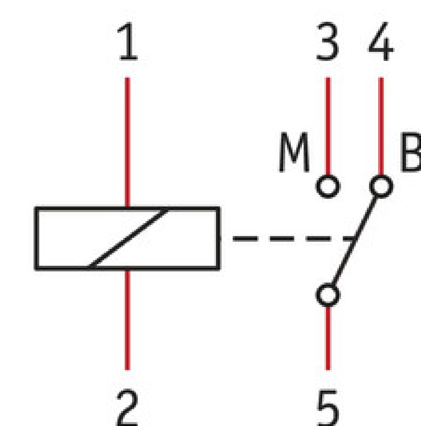


Er zijn dus twee verschillende stroomkringen:
1 de stroomkring van de elektromagneet;
2 de stroomkring van de actuator (in afbeelding 3 is dat de lamp).

De stroomkring van de elektromagneet is in afbeelding 3b lichtblauw getekend. De stroomsterkte in deze stroomkring is niet erg groot: er is maar een kleine stroom nodig om het relais te laten schakelen. De stroomkring van de actuator is in afbeelding 3b paars getekend. De stroomsterkte in deze stroomkring is veel groter dan de stroomsterkte in stroomkring 1.

EEN STARTMOTORSCHAKELING

Zoals je aan het schakelsymbool kunt zien, heeft een relais vijf aansluitpunten (afbeelding 4). De aansluitpunten 1 en 2 zijn voor het aansluiten van de spoel. Hiermee maak je stroomkring 1. Op de aansluitpunten 3, 4 en 5 die je rechts ziet, kun je een actuator aansluiten. Hiermee maak je stroomkring 2.

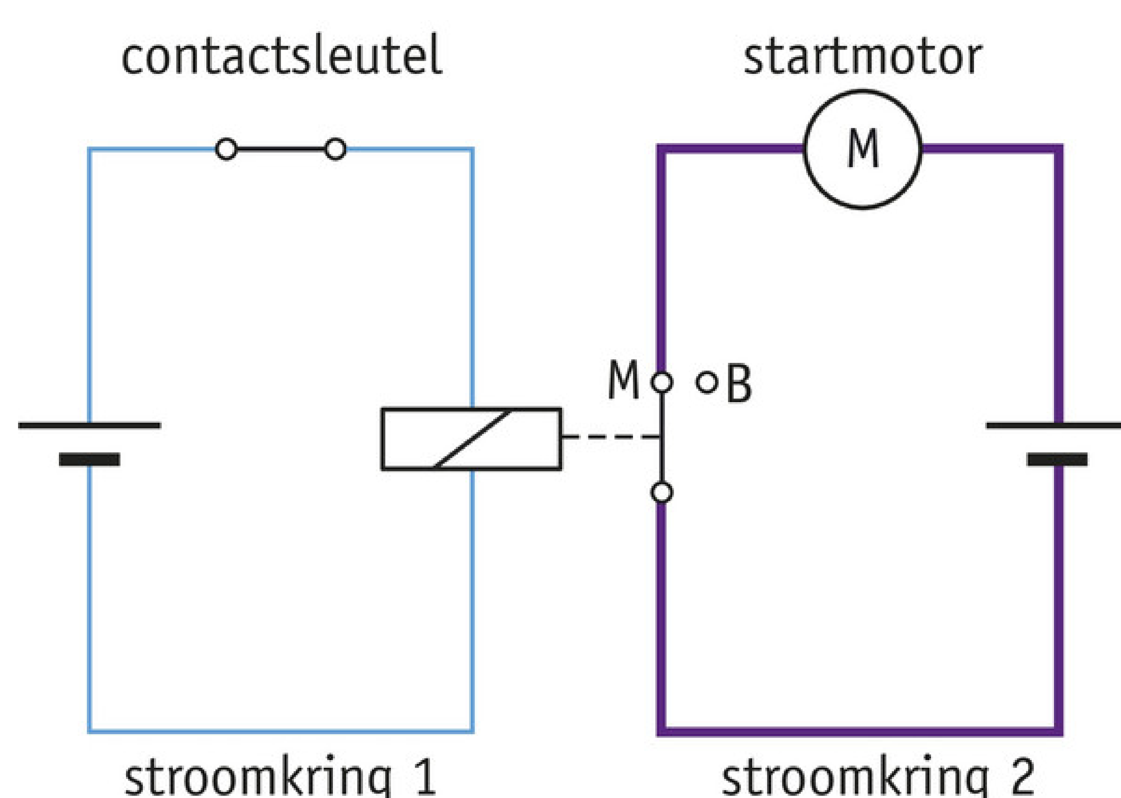


afbeelding 4 Het symbool voor een relais (als er geen stroom door de spoel loopt).

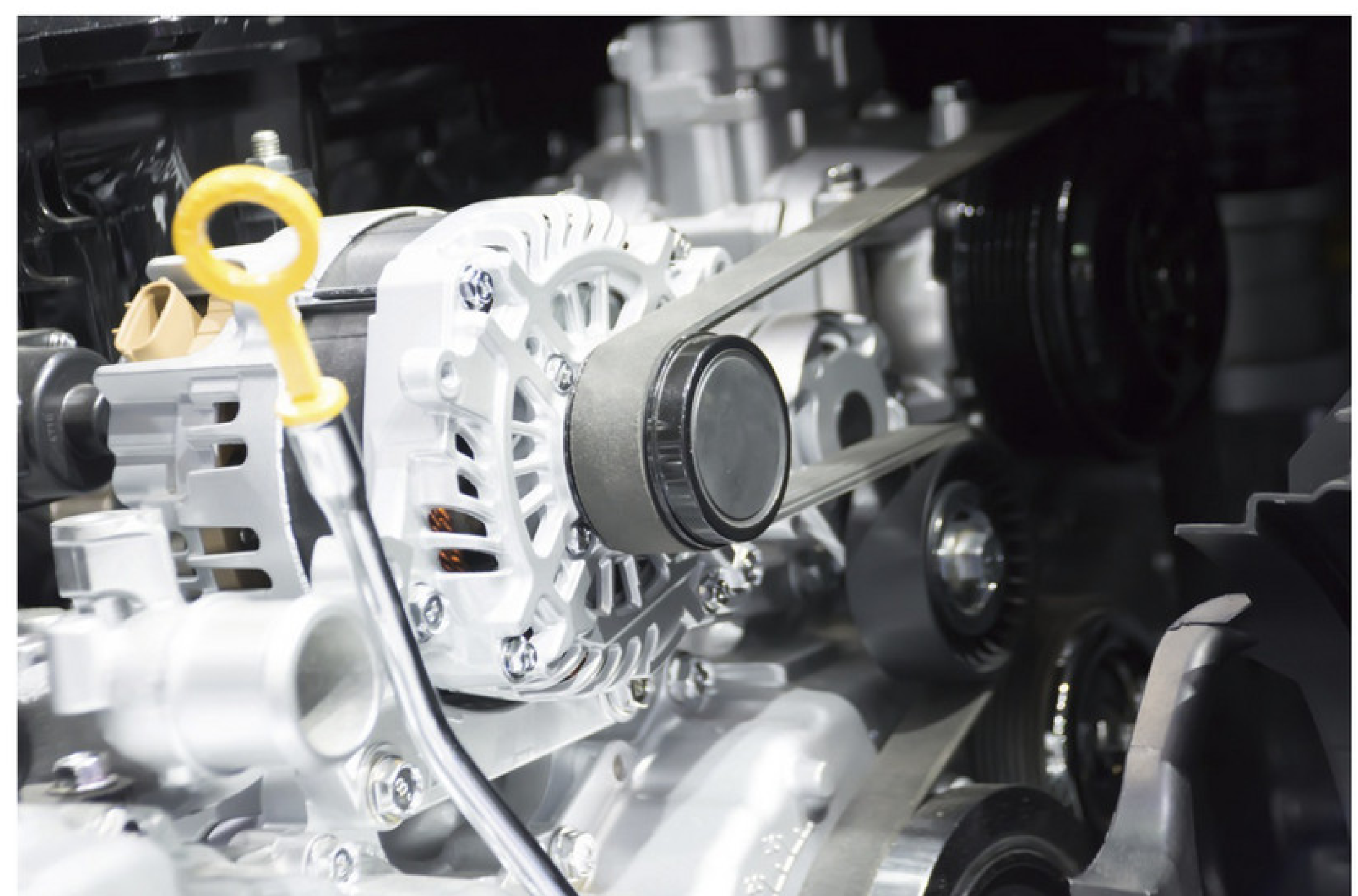
Van de drie aansluitpunten voor de actuator gebruik je de onderste aansluiting (5) altijd. Je houdt dan twee aansluitpunten over: het **maakcontact** M (3) en het **breekcontact** B (4). Het hangt van het doel van de schakeling af of je het maakcontact gebruikt of het breekcontact. Soms worden zelfs beide contacten in één schakeling gebruikt.

In afbeelding 5 zie je een schakeling waarmee je de startmotor van een auto aan kunt zetten. In deze schakeling wordt het maakcontact gebruikt. Als je de contactsleutel omdraait, loopt er een klein stroompje (50 mA) door stroomkring 1. Het relais schakelt dan, zodat er een veel grotere stroom (circa 100 A) door stroomkring 2 gaat lopen. Zo'n grote stroom kun je beter niet met de hand inschakelen.

Voor stroomkring 1 worden gewone, dunne draden gebruikt. Voor stroomkring 2, waarin de stroomsterkte veel groter is, worden dikke koperen leidingen gebruikt. Om die dikke leidingen zo kort mogelijk te houden, wordt het relais vlak bij de accu en de startmotor gemonteerd (afbeelding 6).



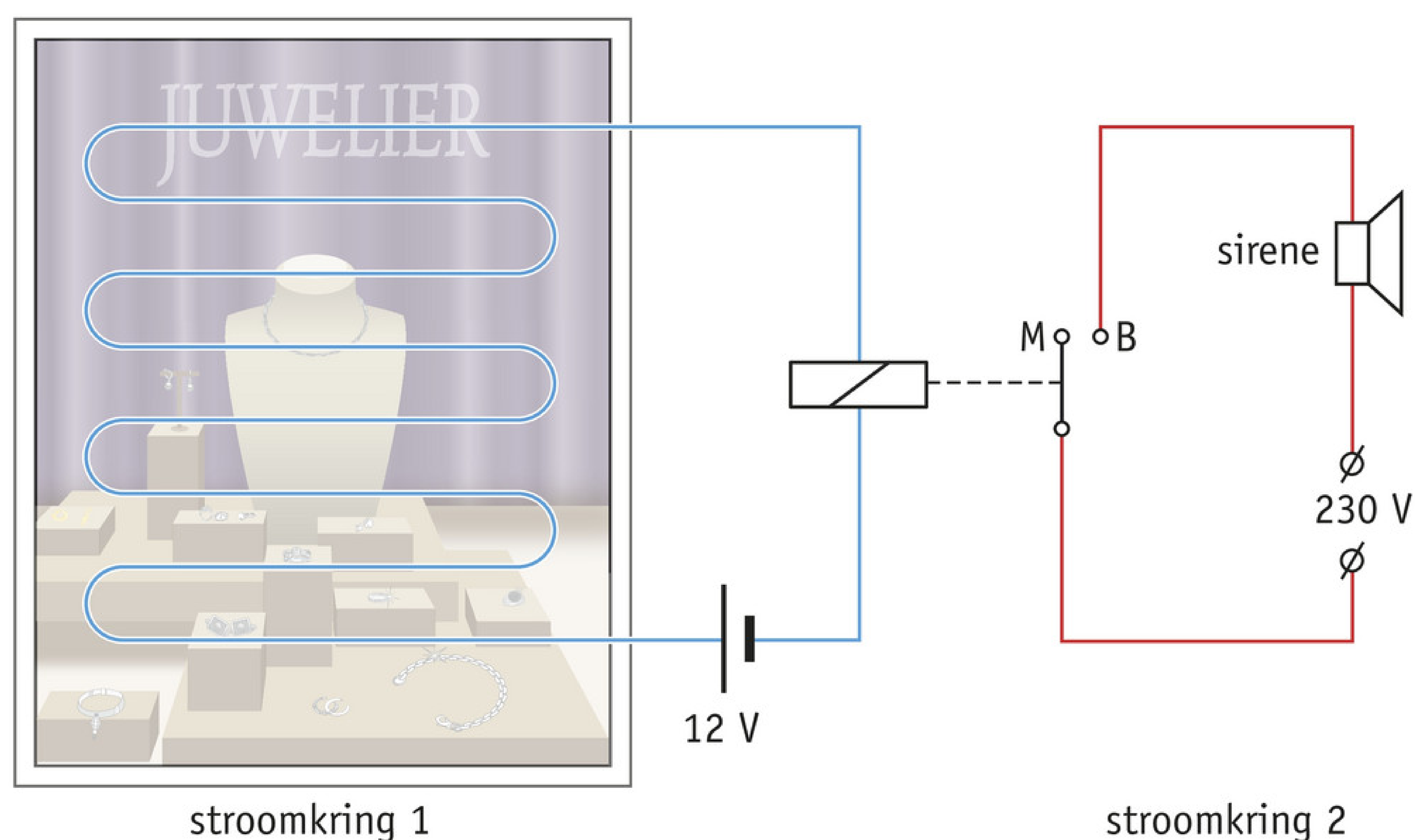
afbeelding 5 Zo wordt de startmotor van een auto aangezet.


afbeelding 6 De startmotor is op de motor van de auto gemonteerd.

EEN INBRAAKALARM

In afbeelding 7 zie je een schakeling die wordt gebruikt als inbraakalarm bij een winkelruit van een juwelier. In deze schakeling wordt het breekcontact van het relais gebruikt. Zolang de stroomkring door de ruit gesloten blijft, loopt er stroom door de spoel. De elektromagneet trekt in deze situatie het anker naar zich toe. Hierdoor kan er geen stroom via het breekcontact lopen: de sirene staat uit.

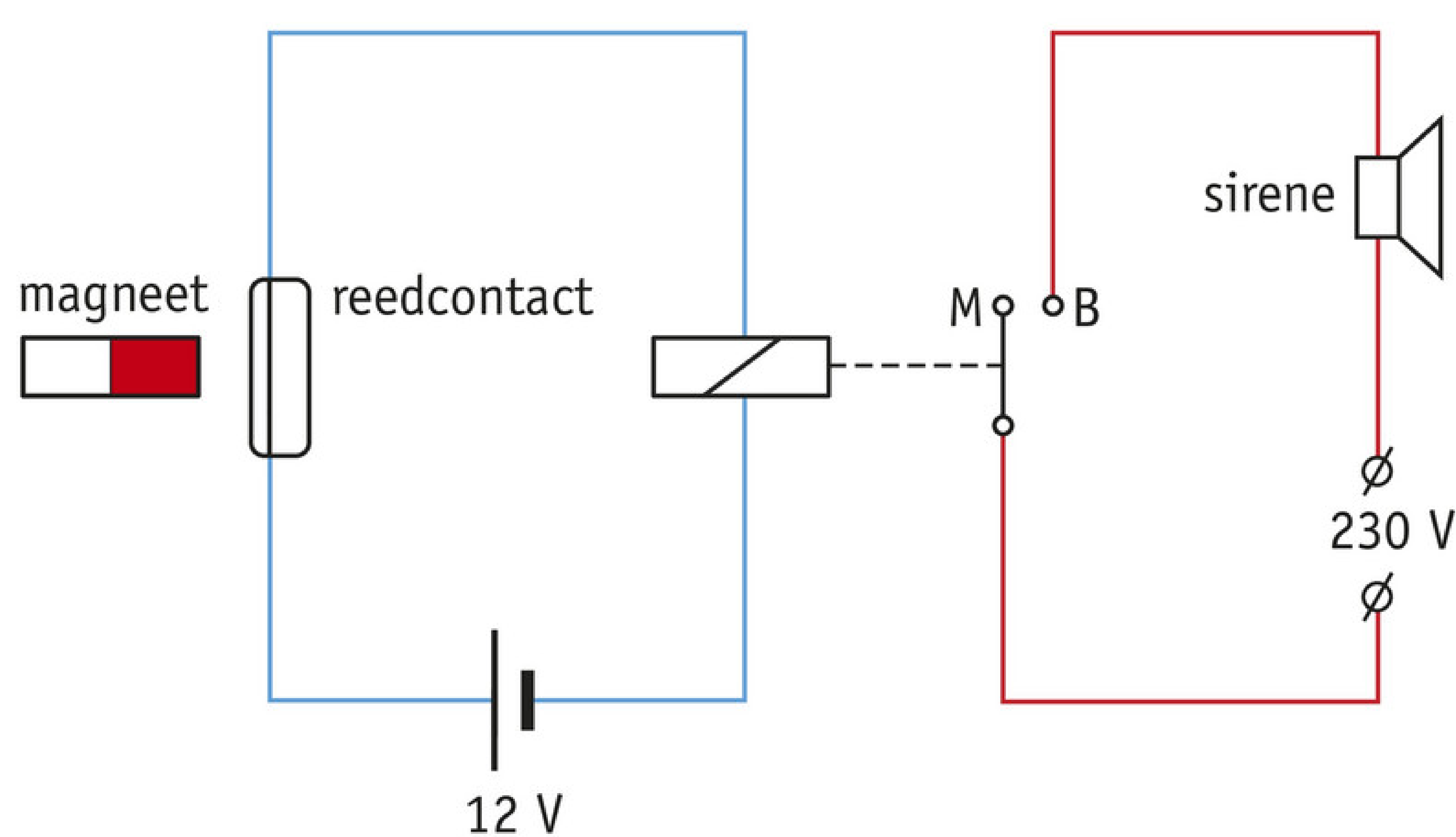
Als de draad op de ruit breekt, loopt er geen stroom meer door de spoel. De spoel is daardoor niet meer magnetisch. De veer trekt het anker dan naar het breekcontact B. De stroom in stroomkring 2 wordt daardoor ingeschakeld: de sirene gaat aan.



afbeelding 7 Een inbraakalarm met een relais en een sirene.

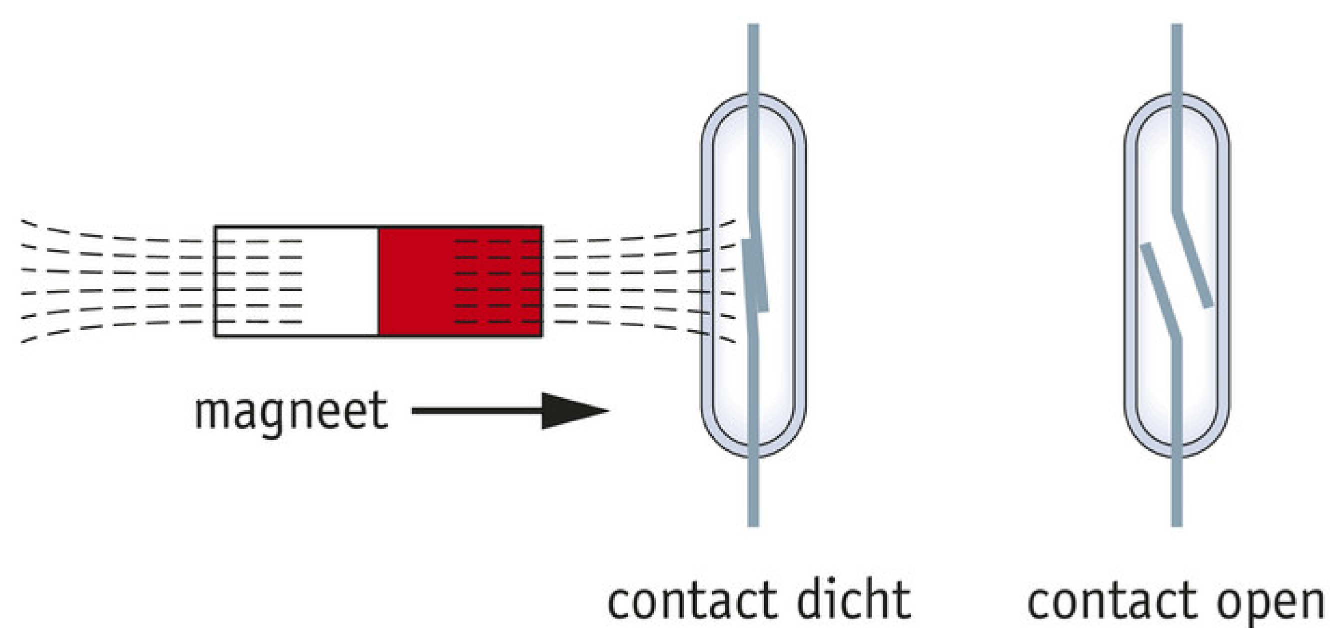
EEN RAAMBEVEILIGING

Er bestaan ook alarmsystemen waarmee je openslaande ramen kunt beveiligen. In afbeelding 8 zie je het schakelschema van zo'n inbraakalarm. Het alarm gaat af op het moment dat het raam wordt opengemaakt.



afbeelding 8 Met deze schakeling kun je een raam beveiligen.

In deze alarmschakeling wordt gebruikgemaakt van een **reedcontact**. Dat is een schakelaar die reageert op een magneet. In afbeelding 9 zie je hoe dat werkt. Als je een magneet bij het reedcontact houdt, klikken de twee stalen strips tegen elkaar aan. Zo wordt de stroom ingeschakeld. Als je de magneet weghaalt, veren de strips weer bij elkaar vandaan. Dan wordt de stroom uitgeschakeld.



afbeelding 9 Een reedcontact sluit als er een magneet bij wordt gehouden.

Bij een alarmsysteem zit het reedcontact op het kozijn en het magneetje vlak daarnaast op het raam. De stroom loopt dan via het reedcontact door de spoel van het relais, zoals in afbeelding 8 is getekend. Als een inbreker of iemand anders het raam opent, beweegt het magneetje bij het reedcontact vandaan. Het reedcontact schakelt de stroom door de spoel dan uit. Hierdoor gaat het alarm af.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Als je een relais gebruikt, zijn er altijd twee stroomkringen.

a De eerste stroomkring is van de ....

De tweede stroomkring is van de ....

b De stroomsterkte in stroomkring 2 is meestal veel .... dan die in stroomkring 1.

c Je kunt bij het maken van stroomkring 2 kiezen tussen twee contacten: het maakcontact en het ....

d Welke van de twee je kiest, hangt af van het .... van de schakeling.

2 Eén van de onderdelen van een relais is een spoel.

a Leg uit wat een spoel is.

....

....

....

b De stroom door de spoel wordt ingeschakeld.

- Wat gebeurt er dan met de spoel zelf?

....

....

- Wat gebeurt er dan met het anker?

....

....

- Wat gebeurt er dan met de contactpunten 2 en 3?

....

....

c De stroom door de spoel wordt uitgeschakeld.

- Wat gebeurt er dan met de spoel zelf?

....

....

- Wat gebeurt er dan met het anker?

....

....

- Wat gebeurt er dan met de contactpunten 2 en 3?

....

....

3 In een schakeling kun je gebruikmaken van een reedcontact.

a Een reedcontact is een .... die reageert op een ....

b Als je een magneet bij een reedcontact houdt, schakelt hij de stroom ....

c Als je de magneet weghaalt, schakelt het reedcontact de stroom weer ....

d Reedcontacten worden veel gebruikt in eenvoudige ....

TOEPASSING

4 De startmotor van een auto wordt ingeschakeld door een relais.

a De startmotor is aangesloten op het *breekcontact* / *maakcontact* van het relais.

b De stroomsterkte is het grootst door de *spoel van het relais* / *startmotor*.

c Waarom wordt een relais gebruikt om de startmotor in te schakelen?

....

....

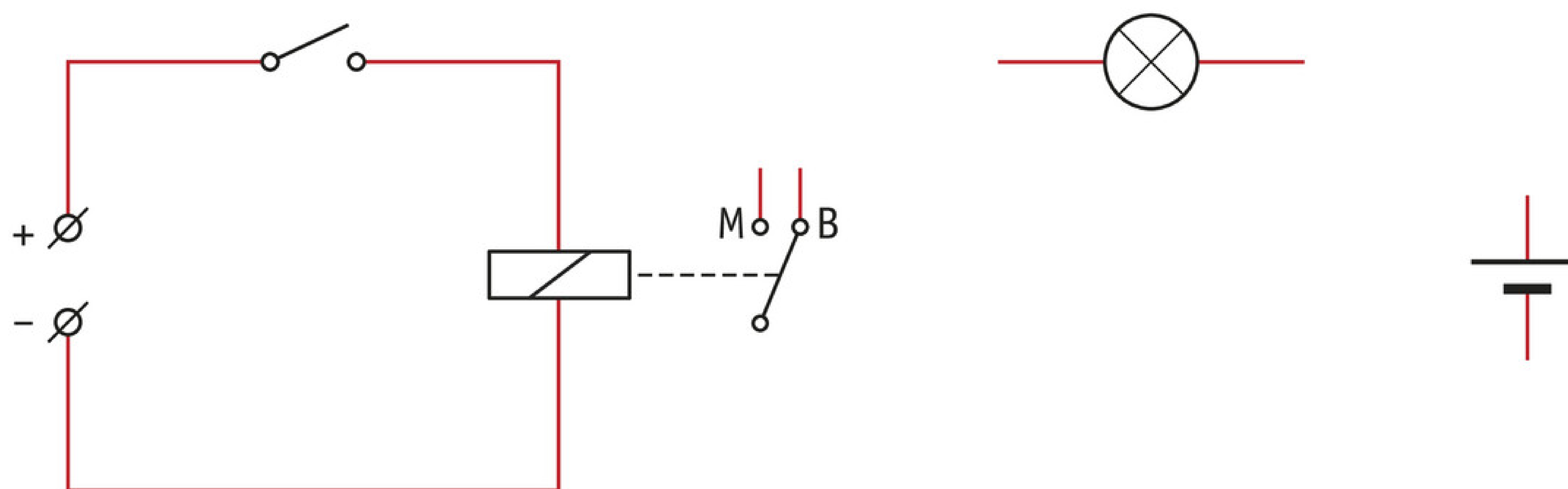
....

....

5  Erol wil een signaallampje op een relais aansluiten. Als de stroom door de spoel van het relais wordt uitgeschakeld, moet het lampje aangaan.

a Erol moet dan het .... contact van het relais gebruiken.

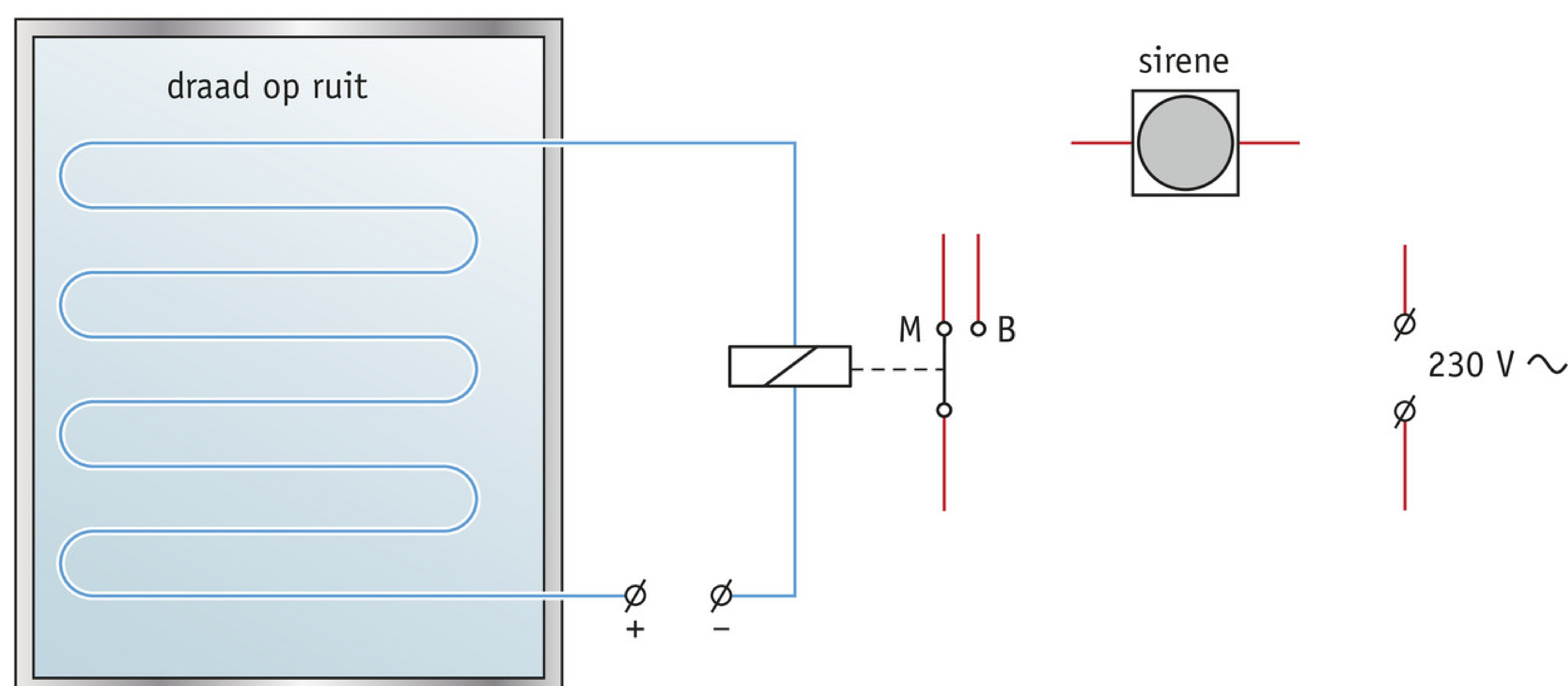
b In afbeelding 10 is Erols schakeling getekend. Er ontbreken nog wel enkele snoeren. Maak het schakelschema af door de ontbrekende snoeren te tekenen.



afbeelding 10 De schakeling van Erol.

6  In afbeelding 11 zie je een aantal onderdelen van een alarminstallatie. De sirene moet gaan loeien als de draad op de ruit kapotgaat.

a Maak het schakelschema in afbeelding 11 af.



afbeelding 11 Een inbraakalarm.

b Het relais schakelt bij een stroom van 25 mA.
Waarom kan de draad door de ruit heel dun zijn?

....

....

....

c Wat gaat er fout als je de sirene met hetzelfde dunne draadje zou aansluiten?

....

....

....

d De sirene werkt op de spanning van het lichtnet. Die spanning is ....

e Leg uit waarom voor de stroomkring door de ruit een veel lagere spanning wordt gebruikt.

....

....

....

Werken als autotechnicus — beroep



Erkan (36) is eigenaar van een autobedrijf. Na het halen van zijn vmbo-diploma (TL) is hij naar het mbo gegaan. Daar heeft hij twee opleidingen gevolgd: Eerste Autotechnicus (niveau 3) en Technisch Specialist Personenauto's (niveau 4). "Daar ben ik in totaal vijf jaar mee bezig geweest," vertelt hij. "Maar het waren leuke opleidingen, met veel praktijk. Ik heb ze met plezier gedaan." Daarna werkte Erkan bij verschillende garages. Sinds twee jaar heeft hij zijn eigen bedrijf. Verkopen is nu zijn belangrijkste activiteit. "In de werkplaats zie je mij niet veel meer, en dat vind ik weleens jammer, maar de zaken gaan goed."

7 Lees de tekst 'Werken als autotechnicus'.
Afbeelding 12 komt uit een leerboek van Erkan, uit zijn tijd op het mbo.

a Hoe groot is de stroomsterkte door een achterruitverwarming volgens Erkans leerboek?

....

b Waarom wordt een achterruitverwarming vaak geschakeld met een relais?

....

....

....

c De relaisspoel krijgt geen spanning meer als de bestuurder het contactsleuteltje uit het contact haalt en uitstapt.
Leg uit waarom dat zo is gedaan.

....

....

....

d Waarvoor dient het controlelampje?

....

....

e Het controlelampje is parallel aan de verwarmingsdraden geschakeld.
Leg uit waarom dat zo is gedaan. Tip: denk aan de stroomsterkte.

....

....

....

....

....

afbeelding 12 Informatie over de achterruitverwarming.

Achterruitverwarming

De achterruit wordt verwarmd door speciale weerstandsdraden die op of in het glas zijn aangebracht. Omdat een achterruitverwarming een grote stroomverbruiker is (10-20 A), wordt ze in veel autotypes ingeschakeld door middel van een relais.

De relaisspoel ontvangt spanning via de contactschakelaar. Zo wordt voorkomen dat de accu door een nog ingeschakelde achterruitverwarming kan ontladen na het uitschakelen van de motor. Een controlelampje maakt de bestuurder attent op het ingeschakeld zijn van de verwarming.

bron: Jan Trommelmans, De moderne auto-elektro

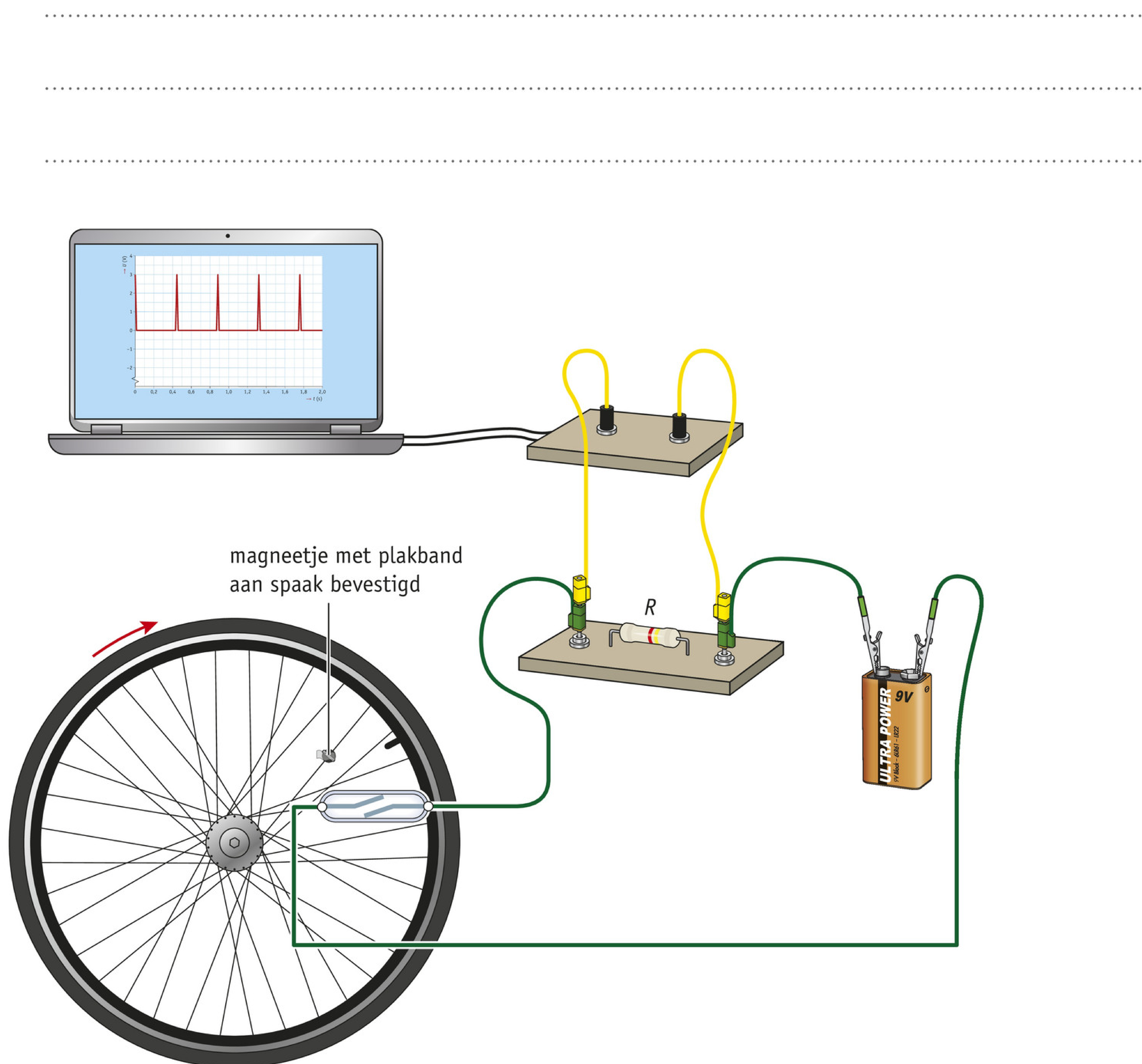
★ 8 Hanneke heeft een schakeling bedacht waarmee ze de snelheid van een fiets kan meten. Als sensor gebruikt ze een reedcontact. In afbeelding 13 is haar proefopstelling getekend.

a Waarom heeft Hanneke een magneet op het fietswiel vastgemaakt?

....

....

....



afbeelding 13 Een elektronische snelheidsmeter.

b De computer legt een korte spanningspuls vast als de magneet het reedcontact passeert.
Waardoor duurt die spanningspuls maar kort?

....

....

....

c In afbeelding 14 zie je hoe de computer één van Hannekes proeven weergeeft.
Hoelang doet het fietswiel over één omwenteling?

....

....

....

d Gebruik *BINAS* tabel 7 *Beweging en kracht*.
Het fietswiel heeft een omtrek van 2,2 m.
Bereken met welke fietssnelheid de meting in afbeelding 14 overeenkomt.

....

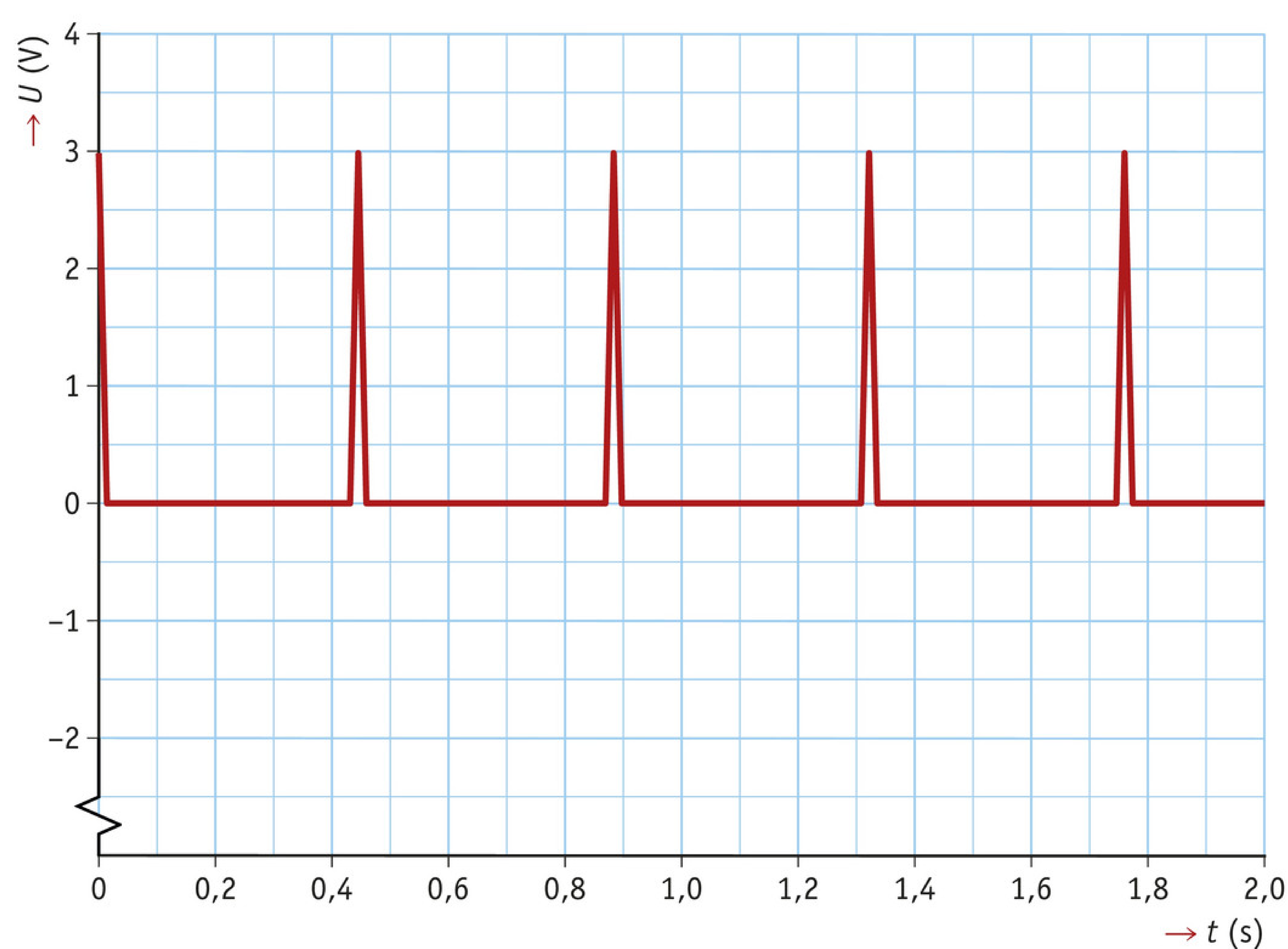
....

....

....

....

....



afbeelding 14 Hannekes meetresultaten.

9 Het alarm in afbeelding 15 gaat af als het raam omhoog wordt geschoven.

a Hoe noem je het schakelaartje in zo'n magneetcontact?

- ○ A een drukschakelaar
- ○ B een reedcontact
- ○ C een relais
- ○ D een transistor

b Wat gebeurt er met de stroom als iemand het raam openmaakt?

....

....

afbeelding 15 Informatie over een magneetcontact als raambeveiliging.

Raambeveiliging

Een magneetcontact is geschikt om deuren en openslaande ramen te beveiligen. Het bestaat uit twee elementen: een magneet en een schakelaartje. De magneet wordt op het bewegende deel gemonteerd en het schakelaartje op het kozijn. Zodra bij het openen van raam of deur de onderlinge afstand circa 1 cm bereikt, wordt een signaal gegeven.



 Test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Elektronische schakelingen

LEERDOELEN

9.4.1 Je kunt overeenkomsten en verschillen tussen een transistor en een relais benoemen.
9.4.2 Je kunt uitleggen wanneer een transistor schakelt van UIT naar AAN (en andersom).
9.4.3 Je kunt schakelingen tekenen waarin een transistor als schakelaar wordt gebruikt.
9.4.4 Je kunt toelichten hoe een schakeling met een transistor als schakelaar werkt.
9.4.5 Je kunt beschrijven hoe je elektrische energie in een condensator kunt opslaan.
9.4.6 Je kunt toelichten hoe een condensator in een schakeling wordt toegepast.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN									
	9.4.1	9.4.2	9.4.3	9.4.4	9.4.5	9.4.6	9.1.6*	9.2.1*	9.2.2*	9.2.4*
Onthouden	2ab	1abcd	5a		3abcd					
Begrijpen	4c				4a, 9cde	8a, 9ab	4b	6a, 7b	4d	7cd
Toepassen		5c	5b	6b, 7a, 10a						
Analyseren				5d, 10b	8b				6c	

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

In het dagelijks leven kom je allerlei apparaten tegen die automatisch aan en uit worden gezet. Welke voorbeelden kun je daarvan geven?

DE TRANSISTOR

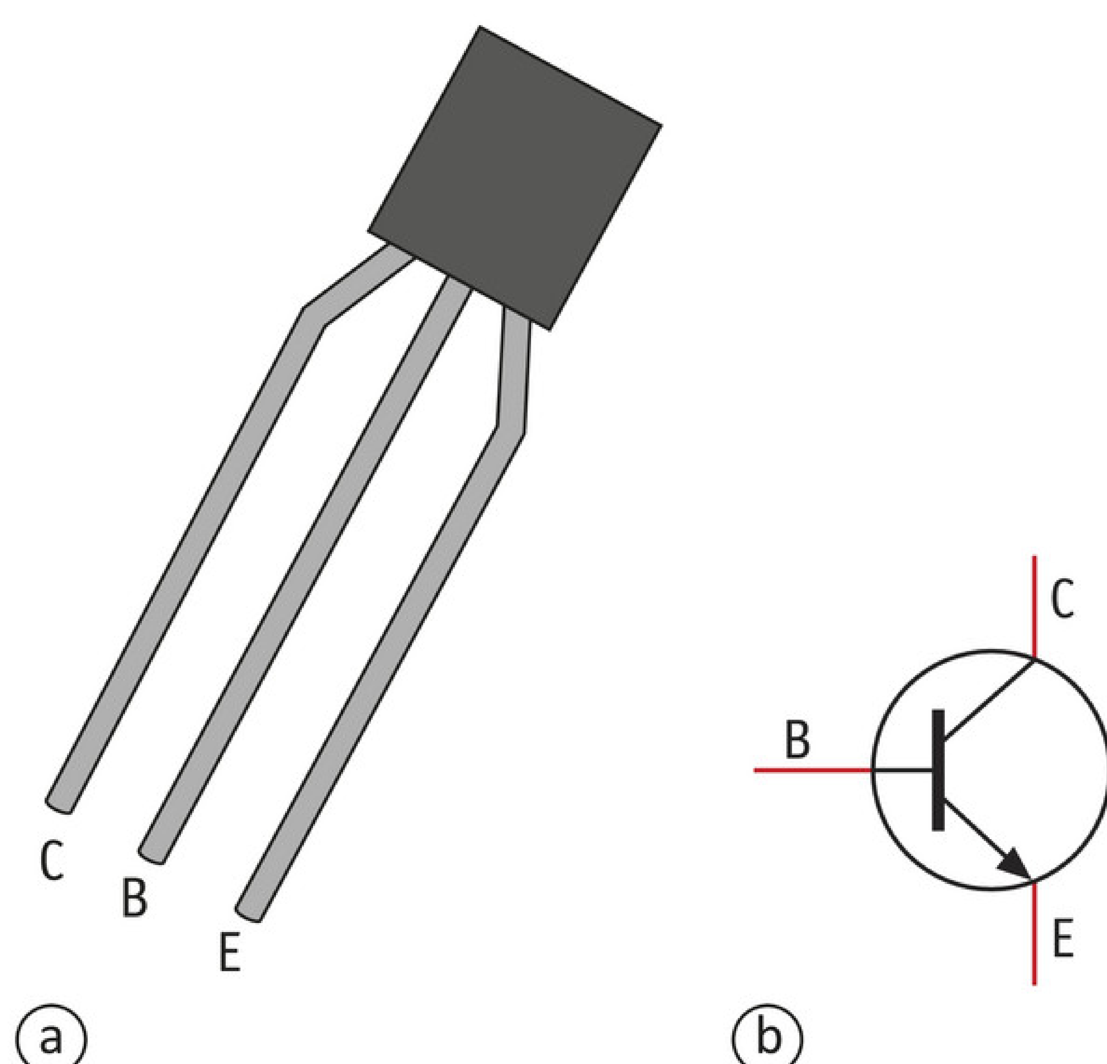
Het relais is niet de enige automatische schakelaar die je kunt gebruiken; vaak is een **transistor** een betere keuze. Een transistor heeft dezelfde functie als een relais: het automatisch aan- en uitzetten van een apparaat (de actuator). Een transistor werkt volledig elektronisch en bevat geen bewegende delen. Je hoort hem daardoor niet schakelen.

Een transistor is kleiner en goedkoper dan een relais. Ook verbruikt een transistor minder elektrische energie. Maar een transistor heeft ook nadelen. Je kunt er alleen lage spanningen mee schakelen. Voor apparaten die op de spanning van het lichtnet werken (230 V), zoals een wasmachine of een oven, gebruik je daarom een relais.

DE WERKING VAN EEN TRANSISTOR

Een transistor (afbeelding 1) heeft drie aansluitpunten:
- de **collector** (C);
- de **basis** (B);
- de **emitter** (E).

afbeelding 1 Een transistor (a) en het bijbehorende schakelsymbool (b).



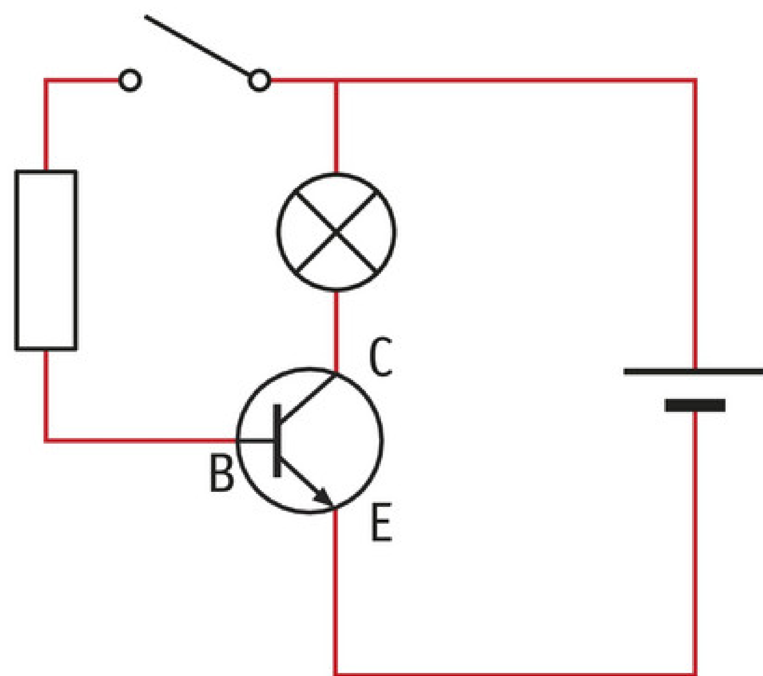
Door een transistor kunnen twee stromen lopen: (1) van de basis naar de emitter, en (2) van de collector naar de emitter. De stroom door de basis bepaalt of de transistor uit- of aanstaat.

De transistor staat in de UIT-stand als de stroom door de basis nul of bijna nul is. Er kan dan ook geen stroom lopen van de collector naar de emitter (afbeelding 2a).

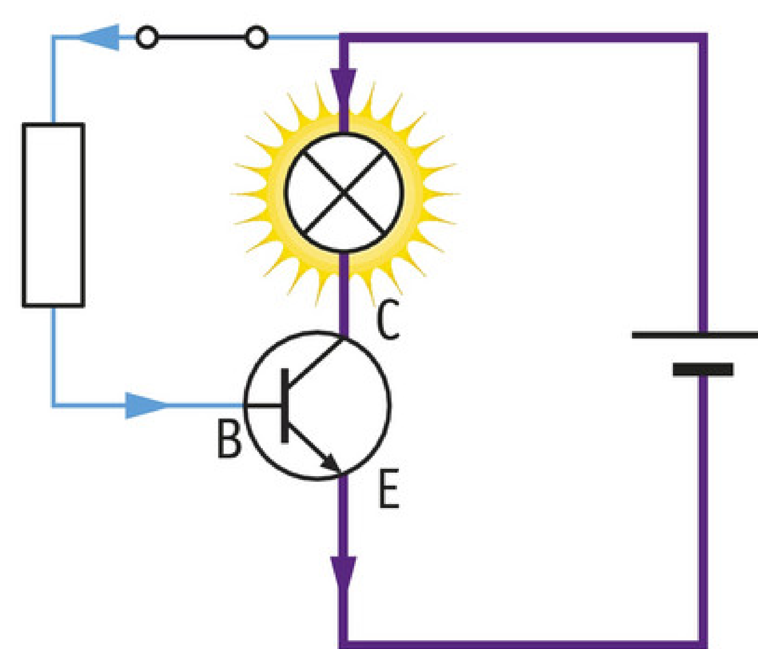
De transistor staat in de AAN-stand als er een kleine stroom door de basis loopt. Er kan dan een veel grotere stroom lopen van de collector naar de emitter (afbeelding 2b). Zo kun je een apparaat aanzetten dat je op de collector hebt aangesloten.

De werking van een transistor lijkt op die van een relais: je gebruikt een kleine 'schakelstroom' (via B naar E) om een grote 'apparaatstroom' (via C naar E) in te schakelen. Maar de twee stroomkringen zijn niet volledig gescheiden, zoals bij een relais: ze komen in E weer bij elkaar.

afbeelding 2 Met een kleine schakelstroom kun je een grote apparaatstroom inschakelen.



a Er loopt geen stroom via de basis; de transistor staat in de UIT-stand.



b Er loopt een kleine stroom via de basis; de transistor staat in de AAN-stand.

SCHAKELEN MET EEN TRANSISTOR

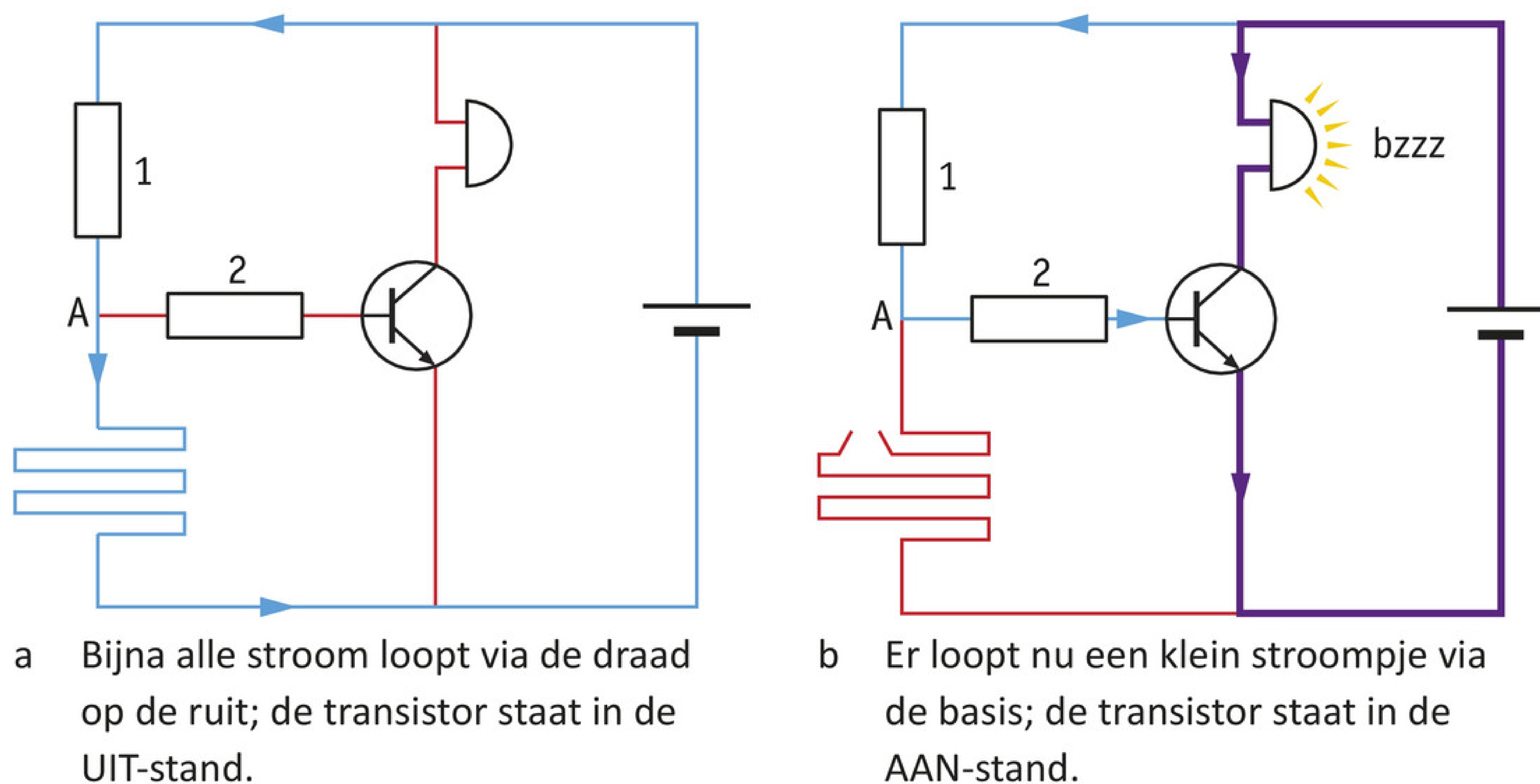
In afbeelding 3 zie je opnieuw een inbraakalarm met een draad op een ruit. De schakelaar is in dit geval niet een relais, maar een transistor. De draad op de ruit 'voert de stroom af', zodat de stroom niet via de basis van de transistor loopt. De weerstanden 1 en 2 zijn nodig om de stroomsterkte door de draad en door de basis van de transistor te begrenzen.

Zoals je in afbeelding 3a kunt zien, splitst de stroom zich bij A in tweeën. Het overgrote deel (meer dan 99,9%) loopt via de draad op de ruit terug naar de batterij. Door de basis (die een veel grotere weerstand heeft) loopt bijna geen stroom. Dit piepkleine stroompje is veel te zwak om de transistor in de AAN-stand te zetten. Daardoor kan er geen stroom lopen van C naar E. De zoemer staat uit.

In afbeelding 3b is de draad op de ruit kapotgegaan. De stroom kan alleen via de basis teruglopen naar de batterij. De stroom van B naar E is nu groot genoeg om de transistor te laten schakelen. Daardoor kan er een veel grotere stroom lopen van C naar E. De zoemer gaat aan.

De schakeling van afbeelding 3 is niet geschikt om er een zware sirene mee in te schakelen. De stroomsterkte die daarvoor nodig is, is te groot voor een transistor. Maar een zoemer kun je er prima mee bedienen.

afbeelding 3 Een alarminstallatie met een transistor.



a Bijna alle stroom loopt via de draad op de ruit; de transistor staat in de UIT-stand.

b Er loopt nu een klein stroompje via de basis; de transistor staat in de AAN-stand.

DE AUTOMATISCHE STRAATLANTAARN

PROEF 6+7

Een automatische straatlantaarn reageert op de hoeveelheid licht. Als het donker wordt, gaat hij aan; als het licht wordt, gaat hij uit. Met een transistor kun je een model van zo'n straatlantaarn bouwen. Als uitgangspunt gebruik je de schakeling van afbeelding 3. Om hem als straatlantaarn te laten werken, breng je twee veranderingen aan:

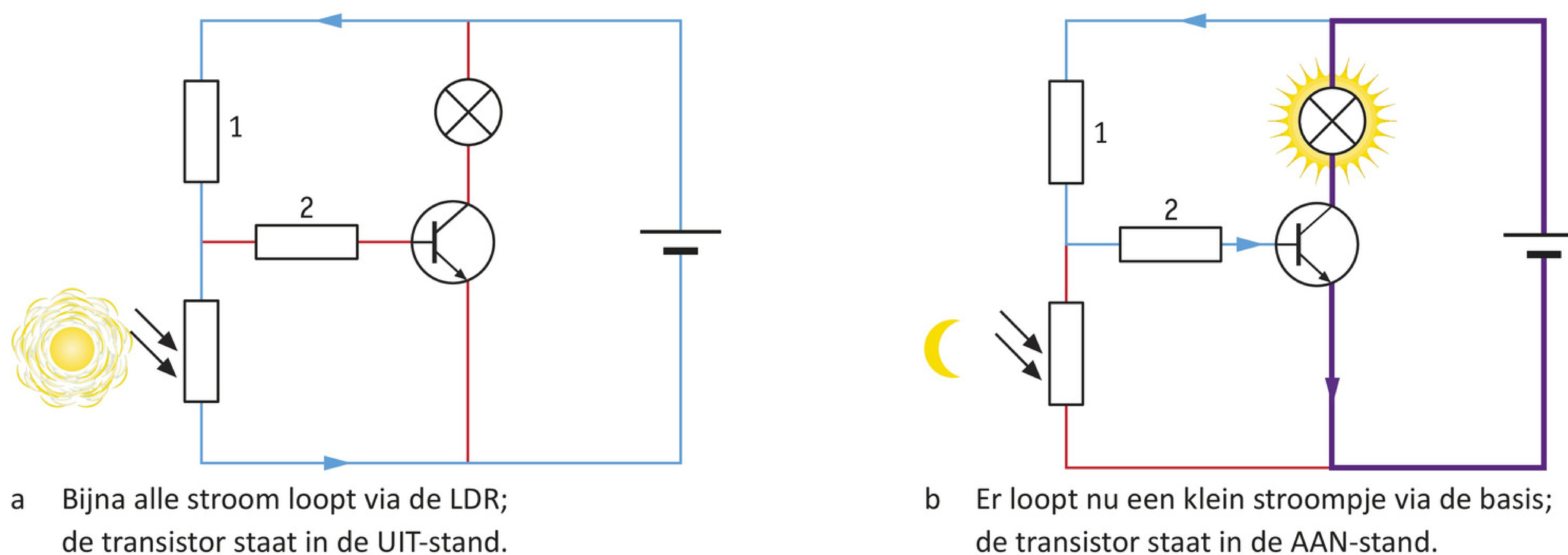
- je vervangt de draad op de ruit door een LDR (als sensor);
- je vervangt de zoemer door een lamp (als actuator).

In afbeelding 4 zie je het resultaat.

Als het licht is, is de weerstand van de LDR klein. Bijna alle stroom loopt dan via de LDR. Die werkt dan net als de draad op de ruit in afbeelding 3a. Doordat er bijna geen stroom door de basis loopt blijft de transistor in de UIT-stand staan: de lamp brandt niet.

Als het donker wordt, neemt de weerstand van de LDR toe. Daardoor zal er steeds meer stroom door de basis gaan lopen. De transistor schakelt daardoor langzaam naar de AAN-stand. Dat betekent dat er steeds meer stroom door de lamp kan lopen. Als het donker is, brandt de lamp op volle sterkte.

afbeelding 4 Een automatische straatlantaarn.



a Bijna alle stroom loopt via de LDR; de transistor staat in de UIT-stand.

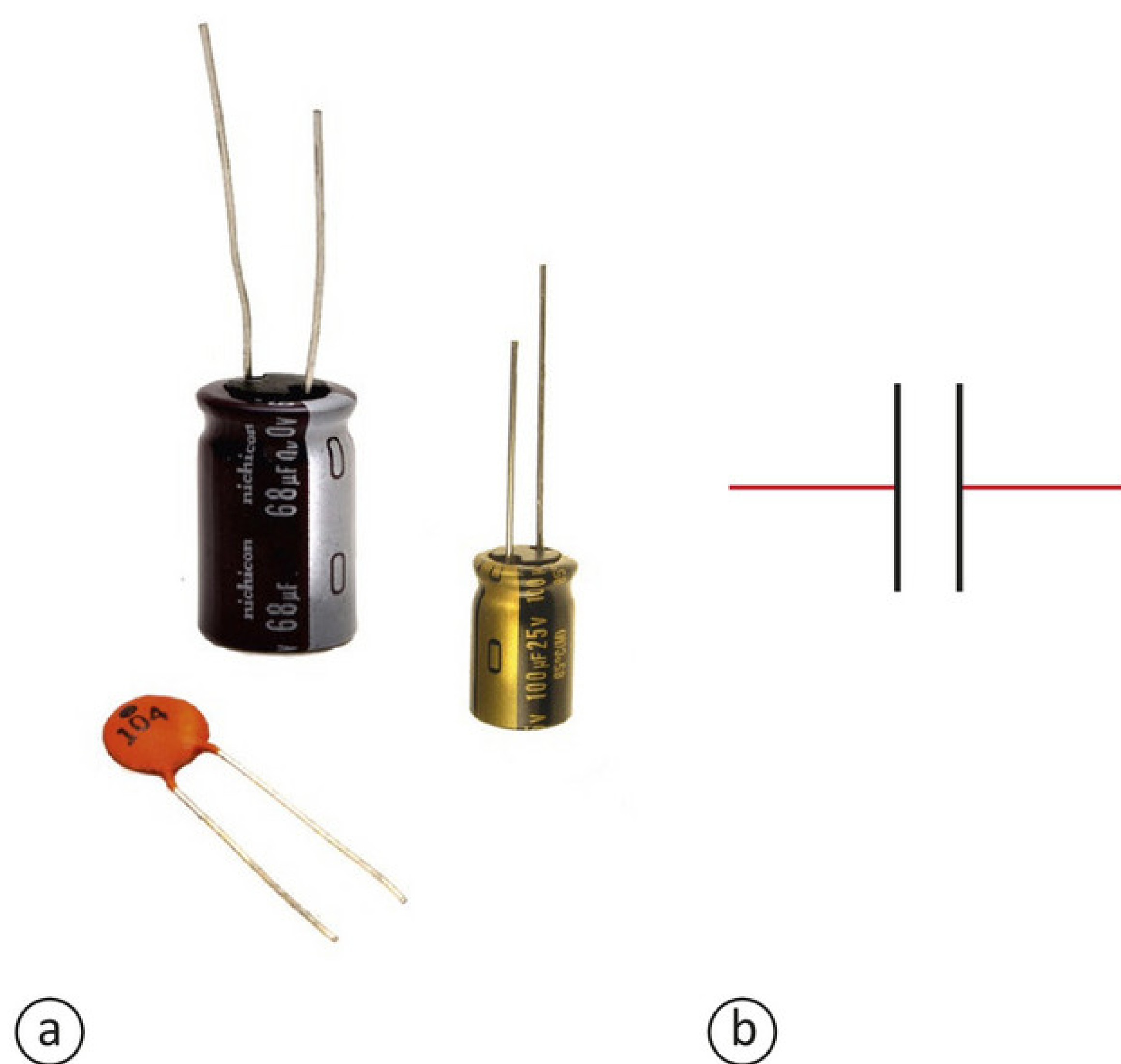
b Er loopt nu een klein stroompje via de basis; de transistor staat in de AAN-stand.

DE VENTILATORSCHAKELING

Het ontwerpen van een schakeling begint altijd met een probleem. Bijvoorbeeld: hoe kun je ervoor zorgen dat de ventilator in een toilet nog een poosje blijft werken, nadat een bezoeker het toilet heeft verlaten? Je kunt dit probleem oplossen met behulp van een schakelonderdeel dat een **condensator** heet (afbeelding 5).

Je kunt een condensator gebruiken om er elektrische energie in op te slaan. Daarvoor moet je hem aansluiten op de spanningsbron van je schakeling. Er loopt dan eventjes een stroom (de 'laadstroom') die de condensator oplaadt. Een condensator kan veel minder elektrische energie bevatten dan een herbruikbare (oplaadbare) batterij. Hij laadt veel sneller op dan een batterij, maar is ook veel sneller weer leeg.

afbeelding 5 Drie condensatoren (a) en het bijbehorende schakelsymbool (b).

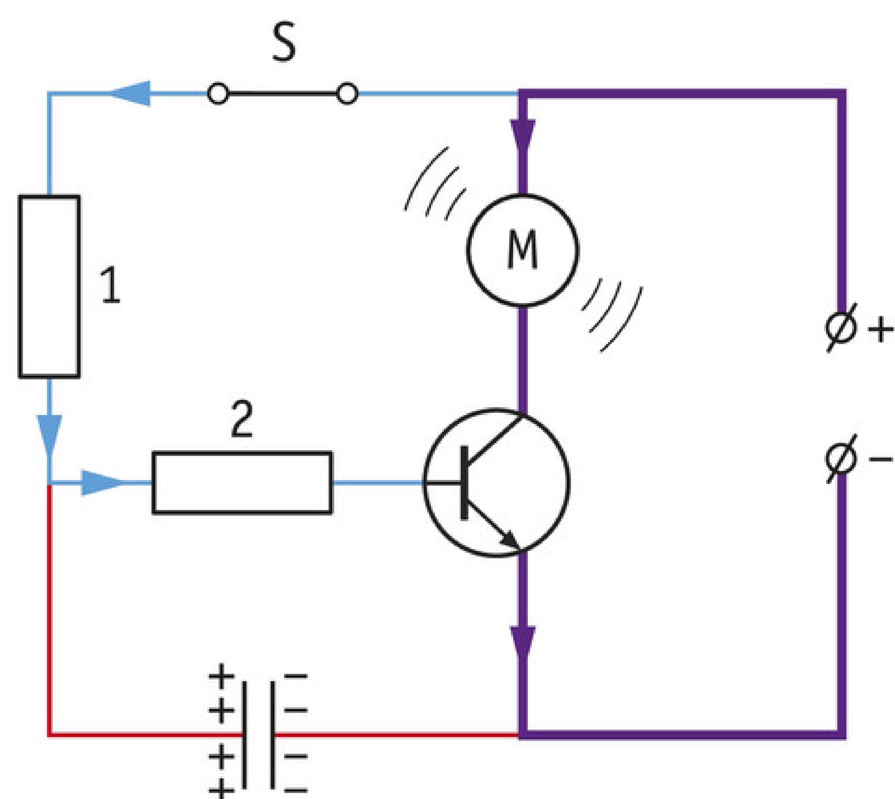


Het is geen goed idee om een ventilator rechtstreeks op een condensator aan te sluiten. De stroomsterkte door een ventilator is daarvoor veel te groot: de condensator zou in een fractie van een seconde leeg zijn. Dat lost het probleem niet op: je wilt dat de ventilator een paar minuten blijft werken.

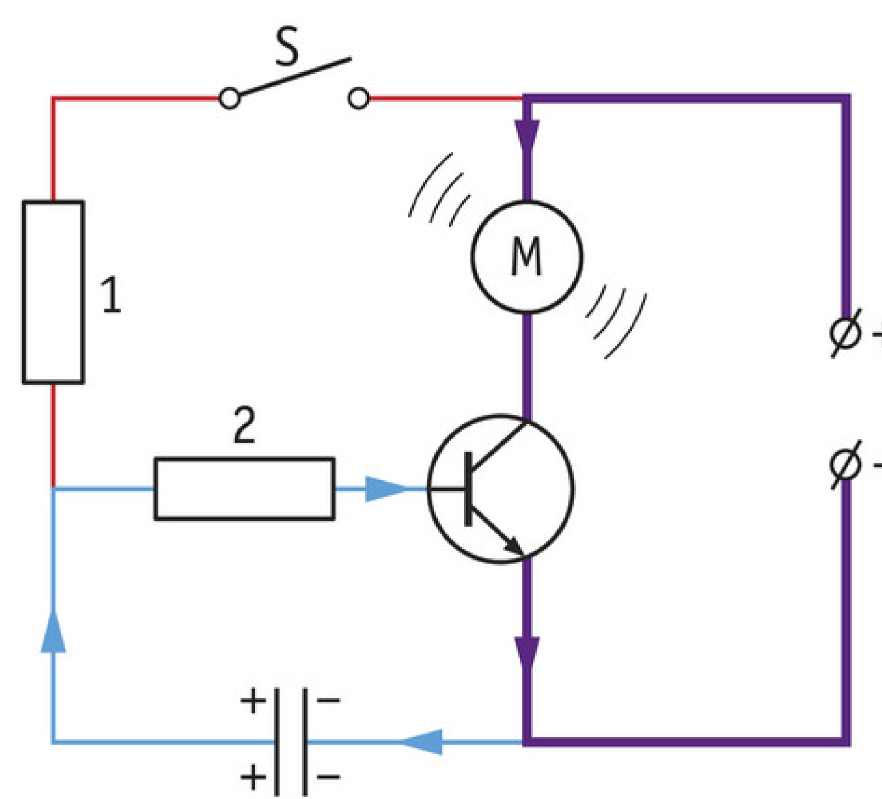
In afbeelding 6 zie je een schakeling die wel werkt.

- De condensator laadt op als je het licht in het toilet aandoet met schakelaar S (afbeelding 6a). De transistor schakelt tegelijk van UIT naar AAN: de ventilator begint te draaien.
- Na het toiletbezoek doe je het licht weer uit. De condensator ontlaadt dan via de basis van de transistor (afbeelding 6b). Omdat de stroomsterkte maar klein is, duurt dat wel even. Gedurende die tijd blijft de transistor in de AAN-stand staan en blijft de ventilator werken.

afbeelding 6 Een ontwerp voor een ventilatorschakeling.



a Als je de schakelaar S sluit, laadt de condensator in enkele seconden op.



b Als je de schakelaar S opent, ontlaadt de condensator weer via de basis.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Een transistor is een elektronische schakelaar.

a Hij heeft drie aansluitpunten:

1 ....

2 ....

3 ....

b Als er geen stroom loopt van de .... naar de ...., kan er ook geen stroom lopen van de .... naar de ....

c Als er een kleine stroom loopt van de .... naar de ...., kan er een veel grotere stroom lopen van de .... naar de ....

d Met een klein stroompje via .... en .... kun je dus een veel grotere stroom via de .... en de .... in- en uitschakelen.

2 Vergeleken met een relais heeft een transistor zowel voor- als nadelen.

a Noteer drie voordelen van de transistor.

....

....

....

....

b Noteer ook een nadeel van de transistor.

....

....

3 Een condensator kun je gebruiken om er elektrische energie in op te slaan.

a Om een condensator op te laden, moet je hem aansluiten op de .... van je schakeling.

b Er loopt dan een .... die de condensator binnen een paar seconden oplaadt.

c Een condensator kan .... elektrische energie bevatten dan een batterij.

d Daardoor laadt een condensator .... op dan een batterij, maar is hij ook .... weer leeg.

TOEPASSING

4 In afbeelding 7 zie je vier foto's van schakelonderdelen.
Noteer de naam van:

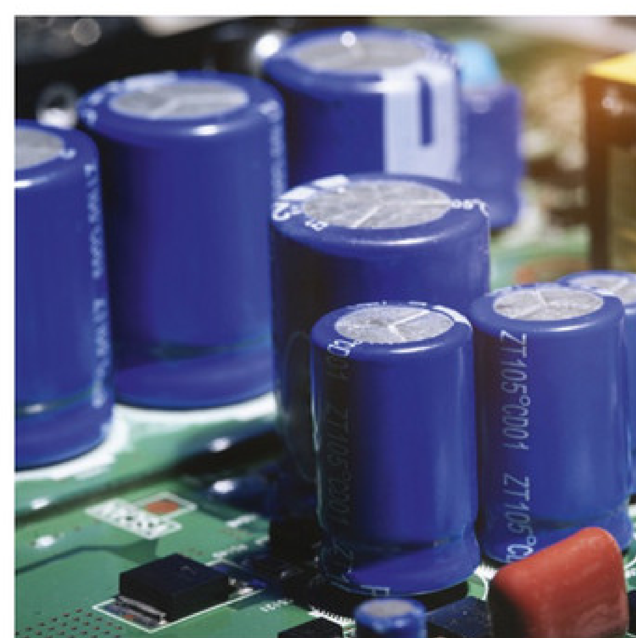
a de donkerblauwe schakelonderdelen in afbeelding 7a: ....

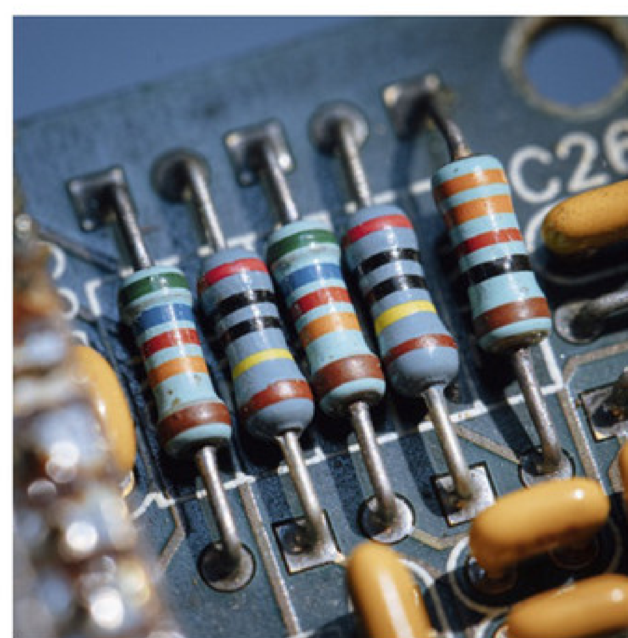
b de schakelonderdelen met gekleurde ringen in afbeelding 7b: ....

c de schakelonderdelen met drie 'pootjes' in afbeelding 7c: ....

d het schakelonderdeel met het doorzichtige venstertje in afbeelding 7d: ....

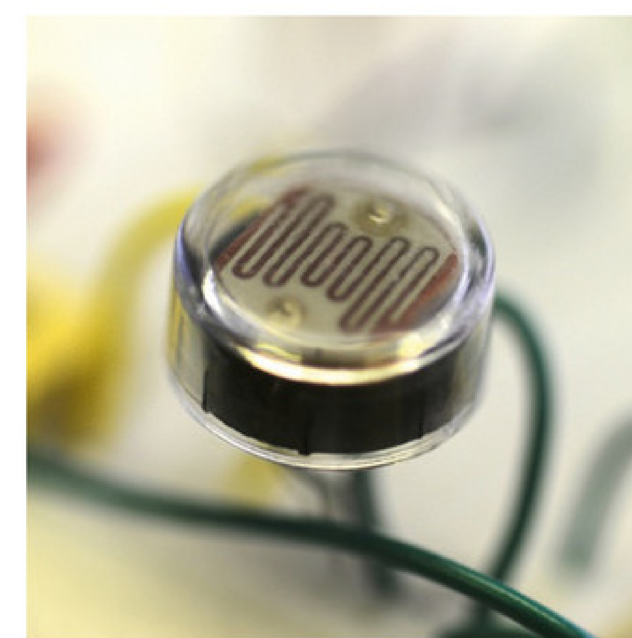
afbeelding 7 Vier foto's van schakelonderdelen.


a



b


c


d

5  Irene maakt een schakeling om een transistor te testen (afbeelding 8a).

a Zet in afbeelding 8a een B bij de basis, een C bij de collector en een E bij de emitter.

b Geef in afbeelding 8a de stroomrichting aan door pijlen in alle verbindingsdraden te tekenen.

c Irene meet op drie plaatsen de stroomsterkte. Haar meetwaarden zijn 2 mA, 89 mA en 91 mA.
Noteer deze stroomsterktes op de juiste plaats in afbeelding 8a.

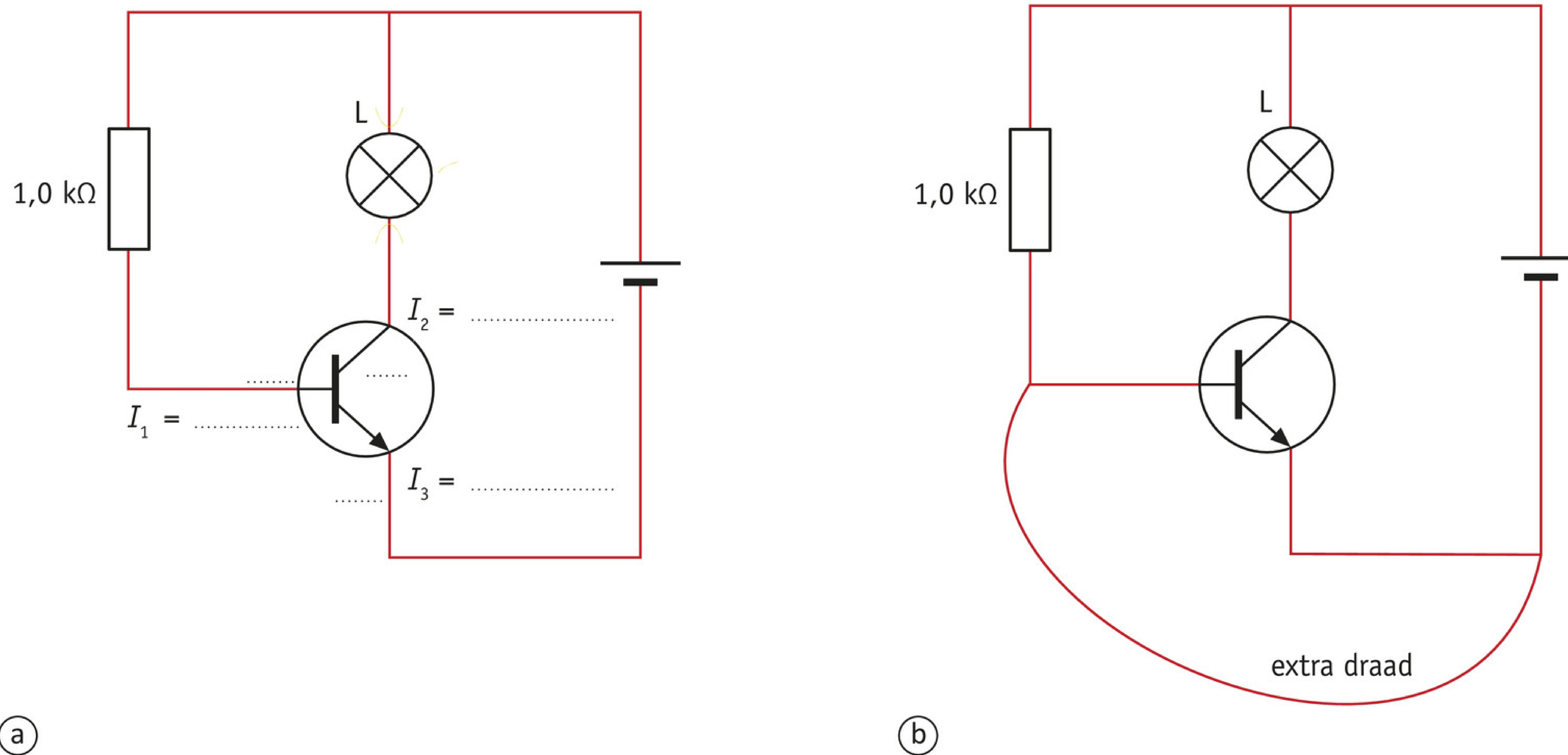
d Irene voegt nu een extra draad toe aan de schakeling (afbeelding 8b).
Wat gebeurt er met het lampje?

....

....

....

afbeelding 8 Een eenvoudige transistorschakeling.



6 Boven een snelweg hangen borden waarop allerlei verkeersinformatie wordt gegeven. Als het mistig is, wordt dat automatisch op de borden aangegeven. In afbeelding 9 zie je de schakeling die de mistwaarschuwing inschakelt.

a De sensor in deze schakeling is een ....

b Wanneer moet de transistor de mistwaarschuwing inschakelen?
- ○ A Als de hoeveelheid licht op de LDR daalt beneden een bepaalde grens.
- ○ B Als de hoeveelheid licht op de LDR stijgt boven een bepaalde grens.

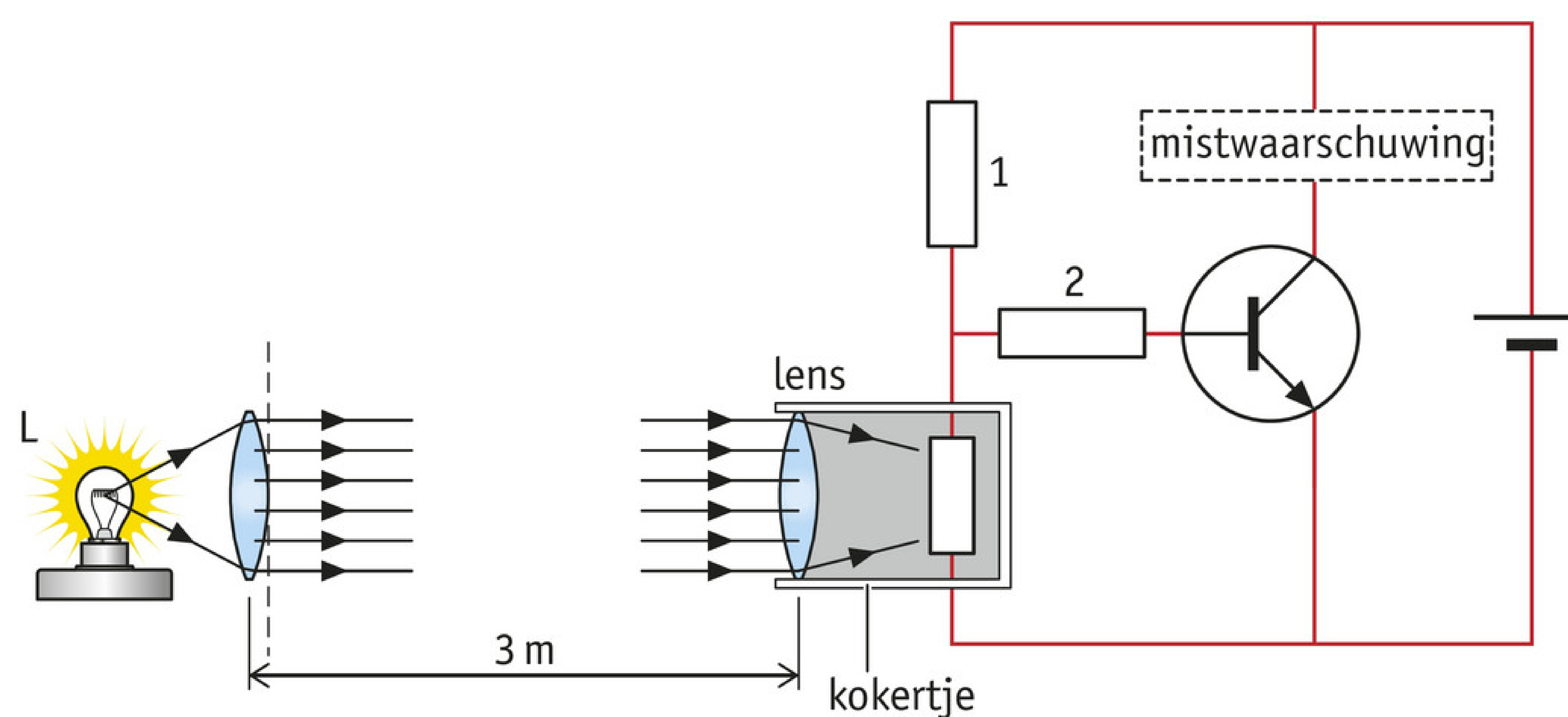
c Waarom is om de LDR een zwart kokertje aangebracht?

....

....

....

....



afbeelding 9 Zo worden automobilisten gewaarschuwd voor mist.

7  Computerchips kunnen erg heet worden. Daarom hebben de meeste computers een ventilator die koele lucht over de chips heen blaast. De schakeling in afbeelding 10 kan het toerental van zo'n ventilator automatisch regelen. Er moet alleen nog een geschikte sensor worden uitgekozen.

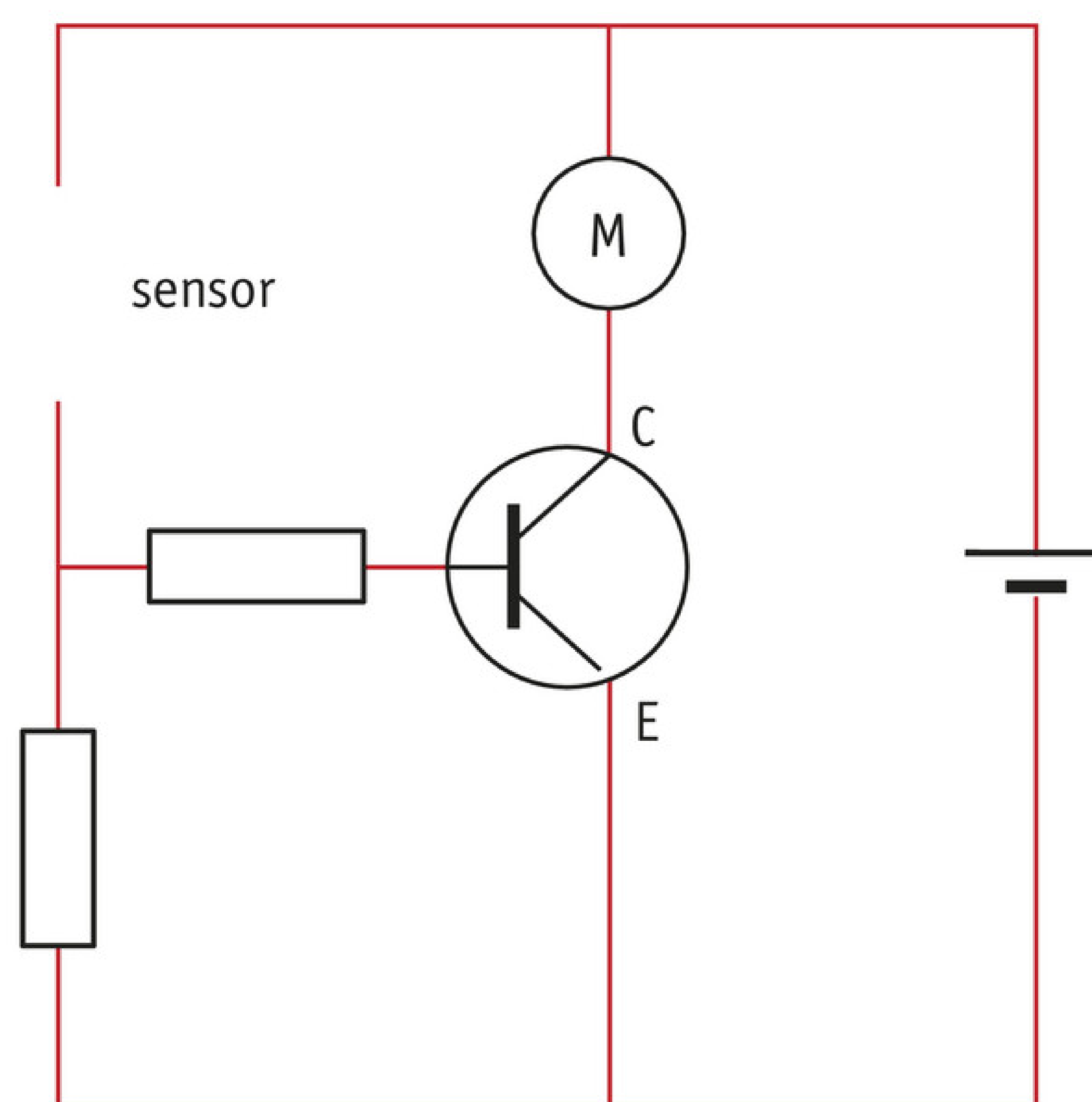
a Als de temperatuur stijgt:
- moet de weerstand van de sensor *groter* / *kleiner* worden;
- zodat de stroomsterkte door de basis *groter* / *kleiner* wordt;
- en de transistor *meer* / *minder* stroom doorlaat (via C en E);
- zodat de ventilator *sneller* / *langzamer* gaat draaien.

b Aan welke eis moet de sensor dus voldoen?

Als de temperatuur stijgt, moet zijn weerstand .... worden.

c Een elektronicaonderdeel dat aan deze eis voldoet is een ....

d Teken het schakelsymbool van dit onderdeel in afbeelding 10.

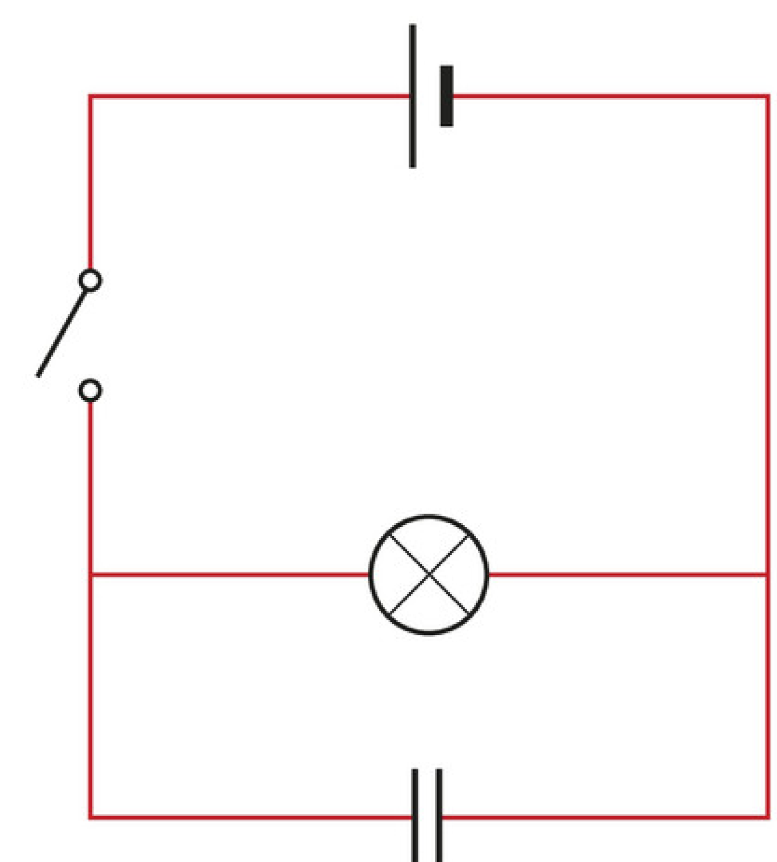


afbeelding 10 Een ventilator die rekening houdt met de temperatuur.

8 Wieke heeft de schakeling van afbeelding 11 gemaakt. Als ze de schakelaar sluit, geeft het lampje meteen licht. Maar als ze de schakelaar daarna weer opent, gaat het lampje niet meteen weer uit.

a Na het openen van de schakelaar:
- *geeft* / *neemt* de condensator nog even elektrische energie *af* / *op*;
- neemt de spanning van de condensator steeds verder *af* / *toe*;
- geeft het lampje steeds *meer* / *minder* licht.

b Wieke doet de proef nog eens, maar nu met een ander type lampje. Verder verandert ze niets aan de schakeling. Het valt haar op dat het nieuwe lampje na het openen van de schakelaar veel langer blijft branden dan het oude lampje.
Geef hiervoor een verklaring.



afbeelding 11 De schakeling van Wieke.

....

....

....

9 Jorrit doet een computerproef met de schakeling van afbeelding 12. Eerst laat hij de condensator opladen. Dan zet hij de schakelaar S om, zodat de condensator weer ontlaadt. Tijdens het ontladen laat hij de spanning door de computer meten.

a Om de condensator op te laden moet Jorrit de schakelaar in stand .... zetten.

b Om de condensator te ontladen moet Jorrit de schakelaar in stand .... zetten.

c Jorrit voert deze proef drie keer uit, met drie verschillende condensatoren: A, B en C. Na afloop laat hij de computer de grafieken tekenen van de drie proeven (afbeelding 13).
Condensator B doet er vijf seconden over om te ontladen van 24 V naar 3 V.
Hoelang doen de andere twee condensatoren hierover?

condensator A: ....

condensator C: ....

d Welke condensator kan het lampje het langst laten branden?

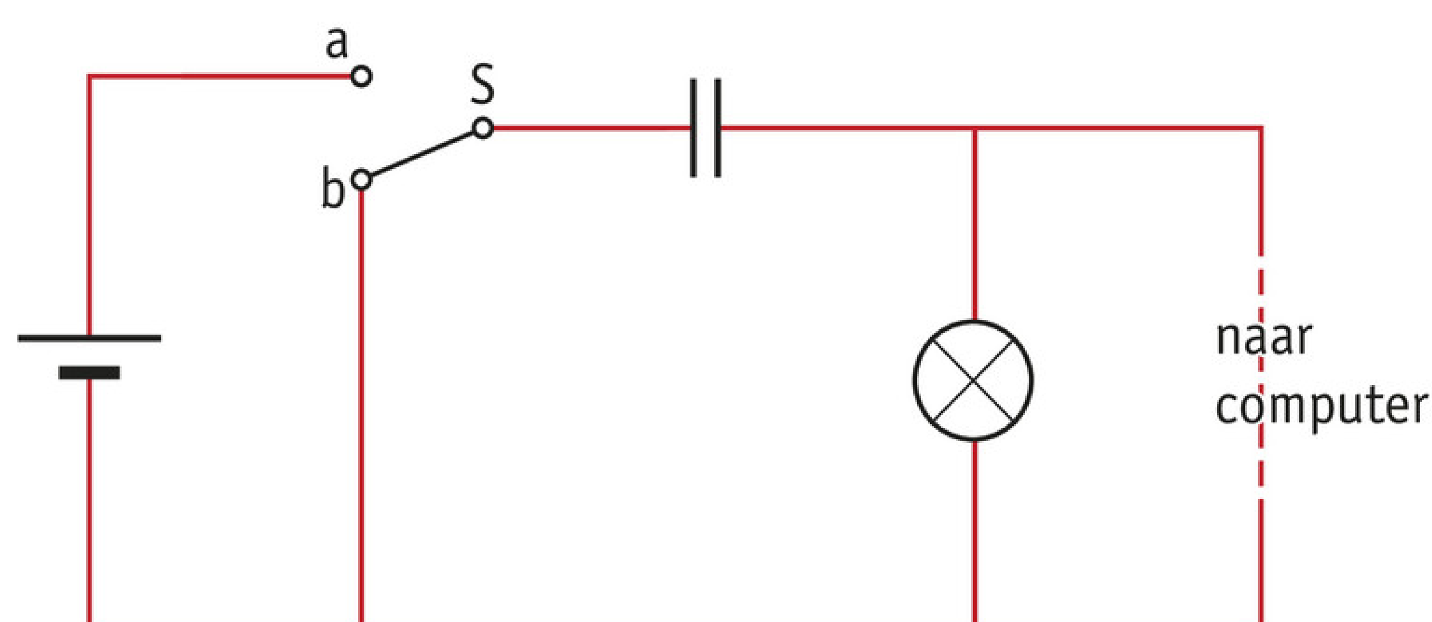
condensator ....

e Het lampje geeft geen licht meer als de spanning tot 10 V is gedaald.
Hoelang kan het lampje op zijn hoogst blijven branden?

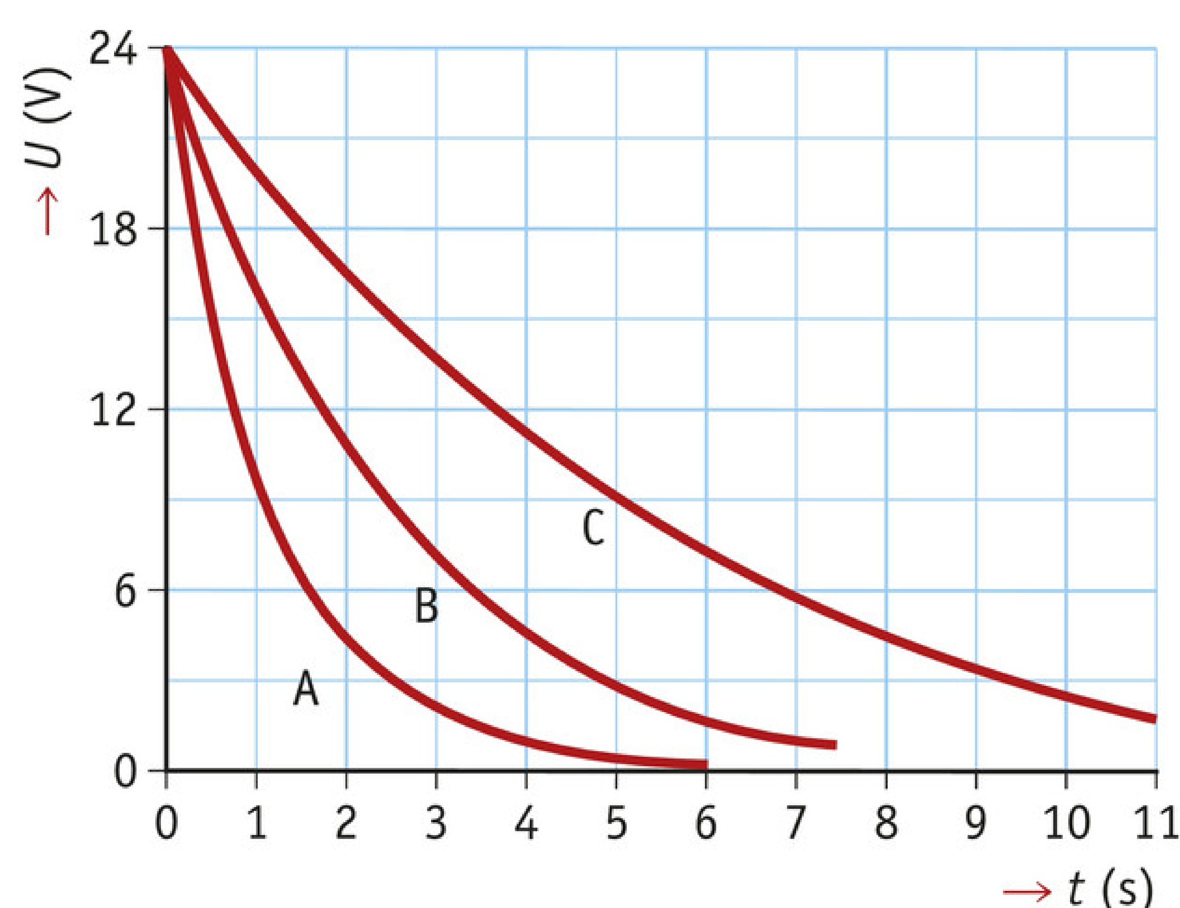
....

....

....



afbeelding 12 De proef van Jorrit.



afbeelding 13 Drie ontlaadgrafieken van condensatoren.

10 Bij een woningwinkel is een rookmelder in de vorm van een vogel te koop. In de rookmelder zit een LDR. In afbeelding 14a zie je een foto van de rookmelder en in afbeelding 14b een vereenvoudigd schakelschema.

a Kies in elke zin de juiste mogelijkheid.

- Bij rook voor de LDR, neemt de weerstand van de LDR *af* / *toe*.
- Er loopt dan meer stroom door *de LDR* / *weerstand 2*.
- Door de transistor loopt *een stroom van de basis naar de collector* / *een stroom van de collector naar de emitter* / *geen stroom.*
- De zoemer maakt *geen* / *wel* geluid.

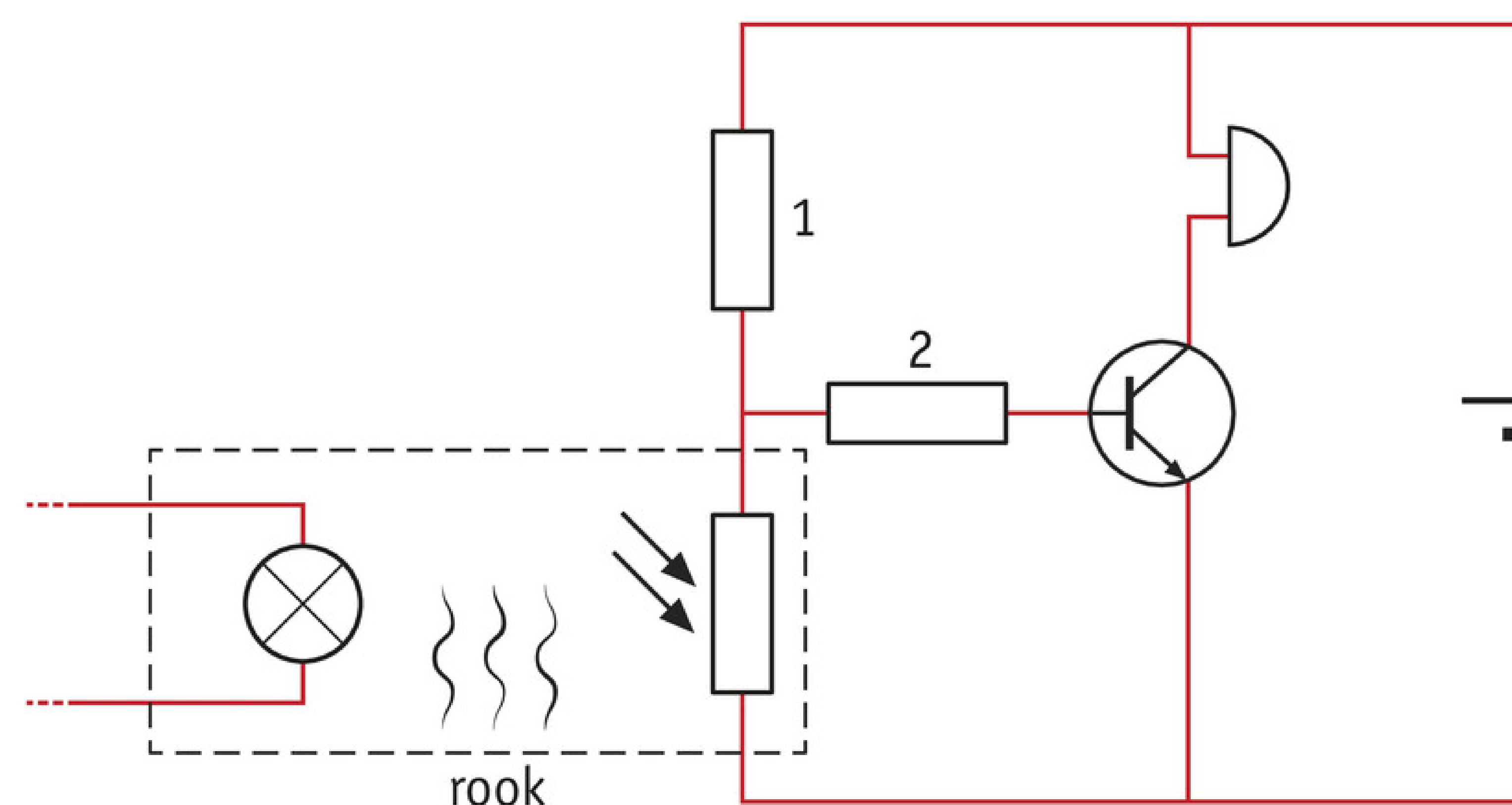
b Op de rookmelder zit een testknop om de batterij te testen. Bij het indrukken van deze knop onderbreek je een stroomkring en maakt de zoemer geluid. In afbeelding 15 zijn vier plaatsen aangegeven waar je deze testknop zou kunnen aanbrengen.
Op welke plaats zit deze testknop?

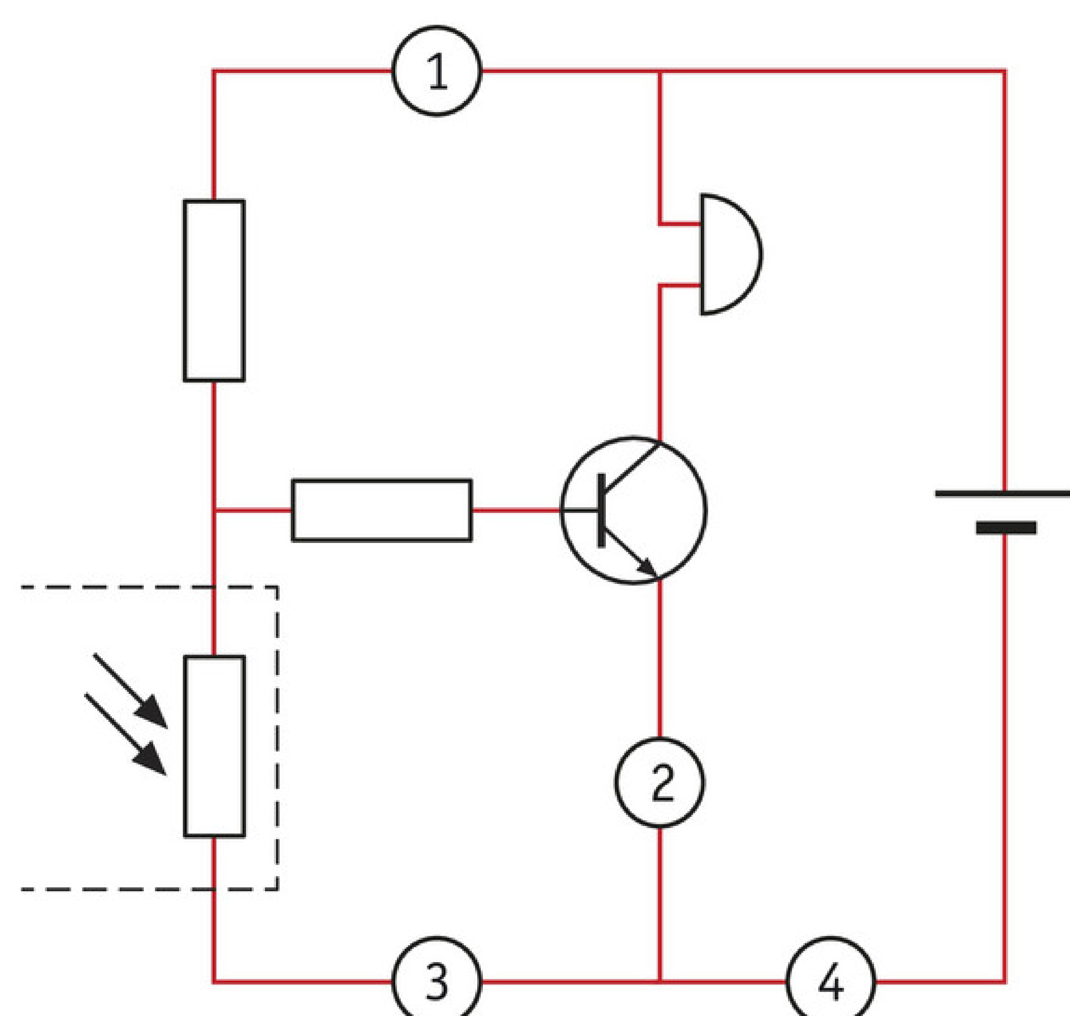
○ A plaats 1
○ B plaats 2
○ C plaats 3
○ D plaats 4

naar: examen 2017-I

afbeelding 14 Een rookmelder in de vorm van een vogel.







afbeelding 15 Op welke plaats moet je de testknop aanbrengen?


Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

De volgende proef staat in de online leeromgeving. Je leraar beslist of de proef wordt uitgevoerd.

PROEF 1 WERKEN MET WEERSTANDEN

15 minuten

Doel

Je onderzoekt wat er met de lichtsterkte van een lampje gebeurt, als je het in serie schakelt met verschillende weerstanden.

PROEF 2 HET (*I*,*U*)-DIAGRAM VAN EEN WEERSTAND

30 minuten

Inleiding

Als je de spanning in een schakeling verandert, verandert de stroomsterkte ook. Door metingen te doen, kun je ontdekken hoe de stroomsterkte precies verandert. Je maakt de spanning stap voor stap groter en kijkt elke keer hoe groot de stroomsterkte dan wordt.

Doel

Bij deze proef voer je zo'n onderzoek uit bij een weerstand. De onderzoeksvraag luidt:
Welk verband bestaat er bij een weerstand tussen de stroomsterkte en de spanning?

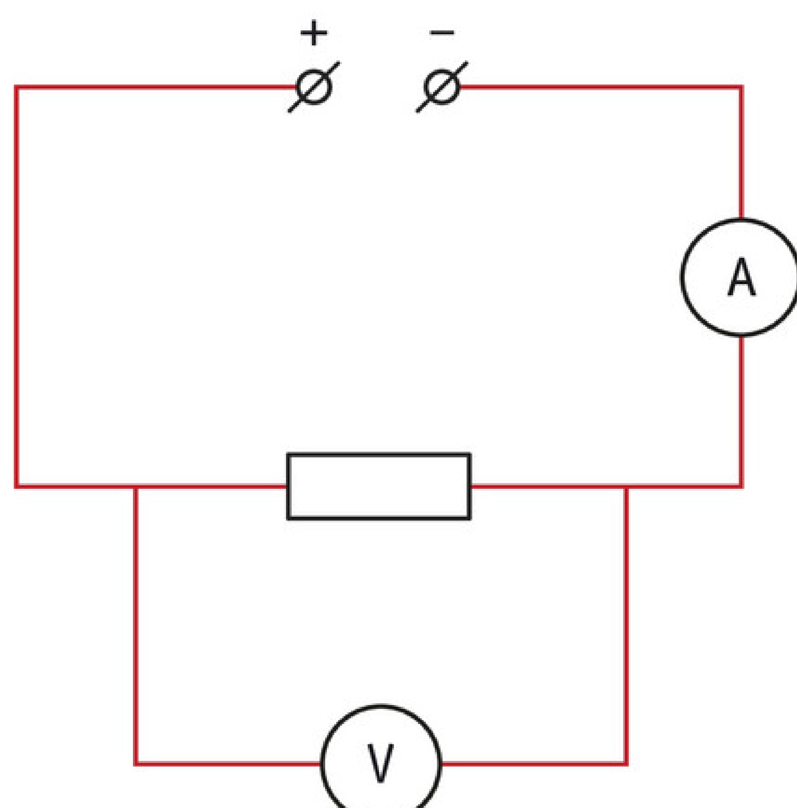
Nodig

- ☐ voedingskastje
- ☐ spanningsmeter
- ☐ stroommeter
- ☐ weerstand
- ☐ snoeren

Uitvoeren

Zie de vaardigheid *Schakelingen bouwen*.

- Bouw de opstelling van afbeelding 1.
- Draai de spanning omhoog, tot de spanningsmeter 1,0 V aangeeft.



afbeelding 1 De opstelling van proef 2.

1 Lees de stroomsterkte af op de stroommeter.
Noteer de stroomsterkte in tabel 1.

- Maak de spanning hierna telkens 1,0 V hoger.

2 Lees steeds de bijbehorende stroomsterkte af.
Noteer de meetwaarden elke keer in tabel 1.

- Ga hiermee door tot de spanning 6,0 V is.

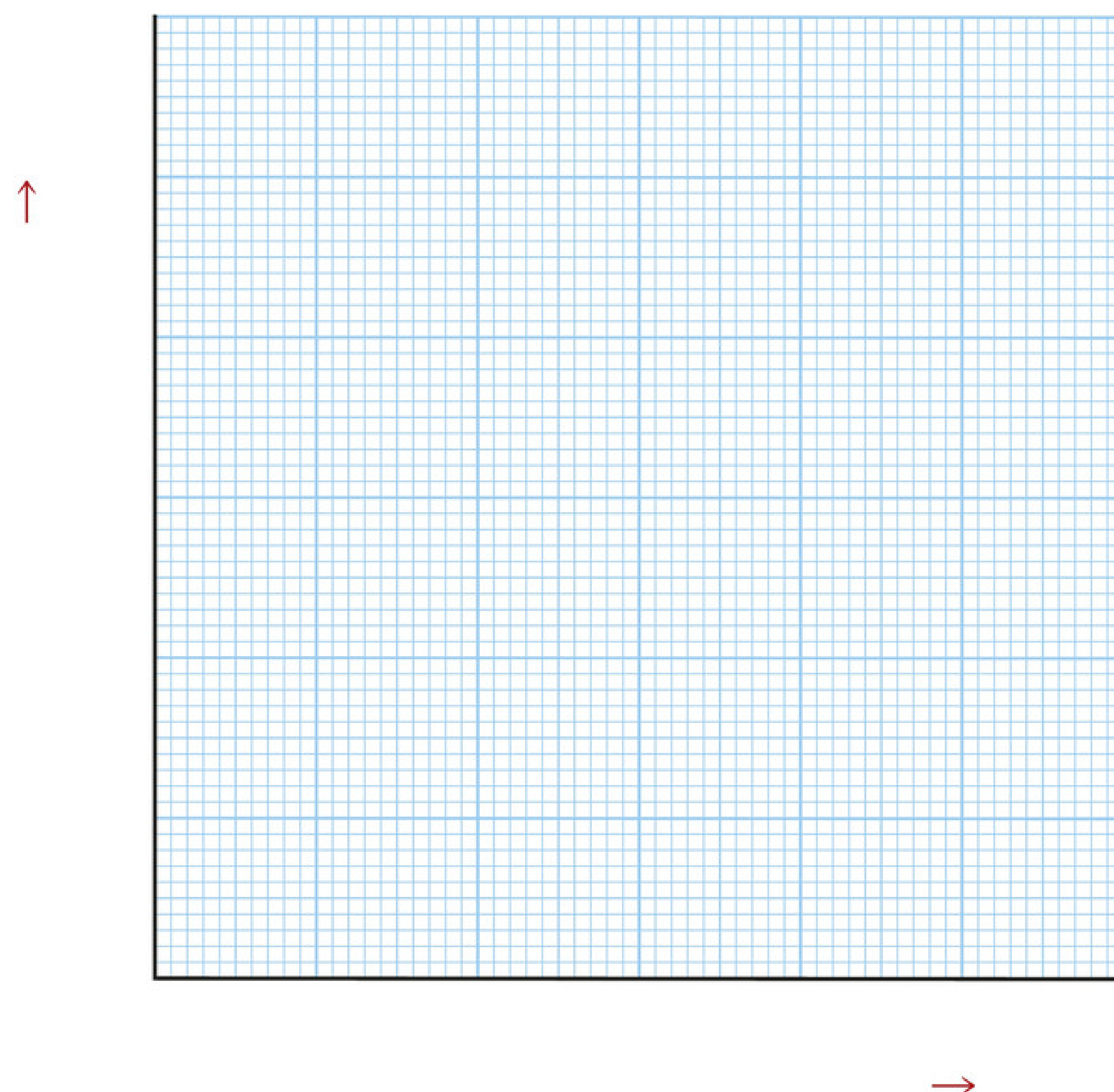
tabel 1 De meetresultaten van proef 2.

nr.	*U* (V)	*I* (A)	*R* (Ω)
1	1,0		
2	2,0		
3	3,0		
4	4,0		
5	5,0		
6	6,0		

Uitwerken



3 Zie de vaardigheid *Werken met tabellen en grafieken*.
Teken in afbeelding 2 een grafiek van deze proef. Zo'n grafiek noem je een (*I*,*U*)-diagram. Zet het woord 'weerstand' bij de lijn die je hebt getekend.



afbeelding 2 Het (*I*,*U*)-diagram van een weerstand.



4 Zie de vaardigheid *Verbanden meten*.
Wat is juist?

- ○ A Het verband tussen spanning en stroomsterkte is evenredig.
- ○ B De stroomsterkte neemt sneller toe dan bij een evenredig verband.
- ○ C De stroomsterkte neemt langzamer toe dan bij een evenredig verband.

5 Bereken hoe groot de weerstand bij elke meting was. Rond de uitkomsten af en noteer ze in de vierde kolom van tabel 1.

6 Wat valt je op als je de berekende weerstandswaarden met elkaar vergelijkt?

....

....

....

....

De volgende twee proeven staan in de online leeromgeving. Je leraar beslist of deze proeven worden uitgevoerd.

PROEF 3 WEERSTANDEN CONTROLEREN

30 minuten

Doel

Je onderzoekt of de informatie op elektronicaweerstanden klopt met de werkelijkheid. De onderzoeksvraag luidt:
Geeft de kleurcode op de weerstanden de weerstandswaarde juist aan?

PROEF 4 EEN NTC ONDERZOEKEN

15 minuten

Doel

Je onderzoekt hoe de weerstand van een NTC verandert als je hem verwarmt.

PROEF 5 SCHAKELEN MET EEN RELAIS

30 minuten

Inleiding

Een relais is een automatische schakelaar die werkt met een elektromagneet. Als je een relais gebruikt, maak je altijd twee stroomkringen: één voor de elektromagneet (stroomkring 1) en één voor het apparaat (stroomkring 2).

Doel

Bij deze proef zie je hoe een relais werkt. Je sluit een lampje aan op het relais en laat het relais daarna schakelen. Dat doe je twee keer: één keer met het maakcontact en één keer met het breekcontact.

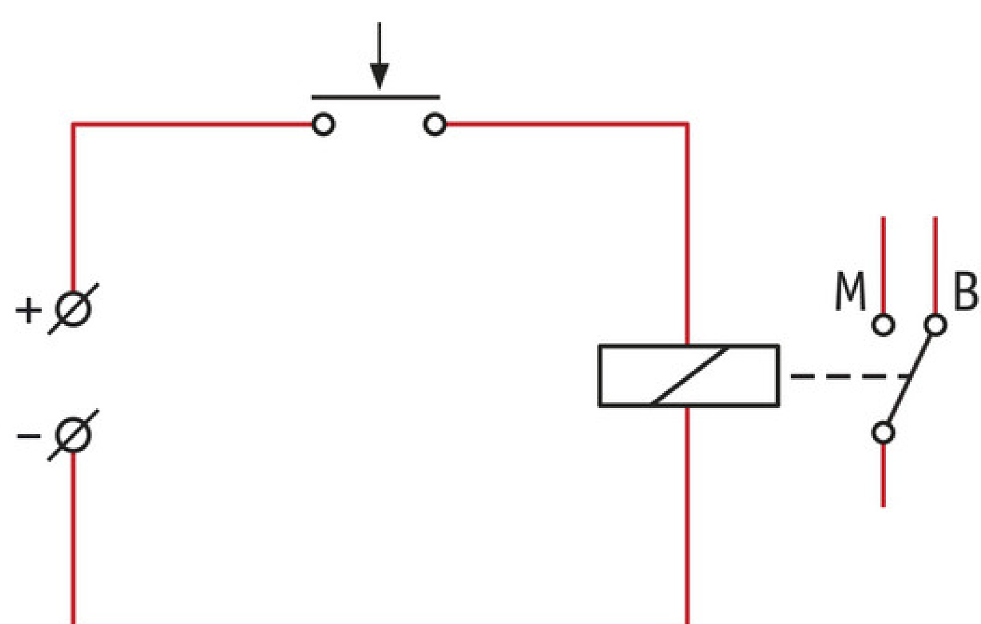
Nodig

- ☐ voedingskastje met instelbare spanning
- ☐ 6 snoeren
- ☐ relais
- ☐ batterij
- ☐ lampje in fitting
- ☐ drukschakelaar

Uitvoeren en uitwerken


Zie de vaardigheid *Schakelingen bouwen*.

- Maak de schakeling van afbeelding 3. Stel de spanning in op 0 V.



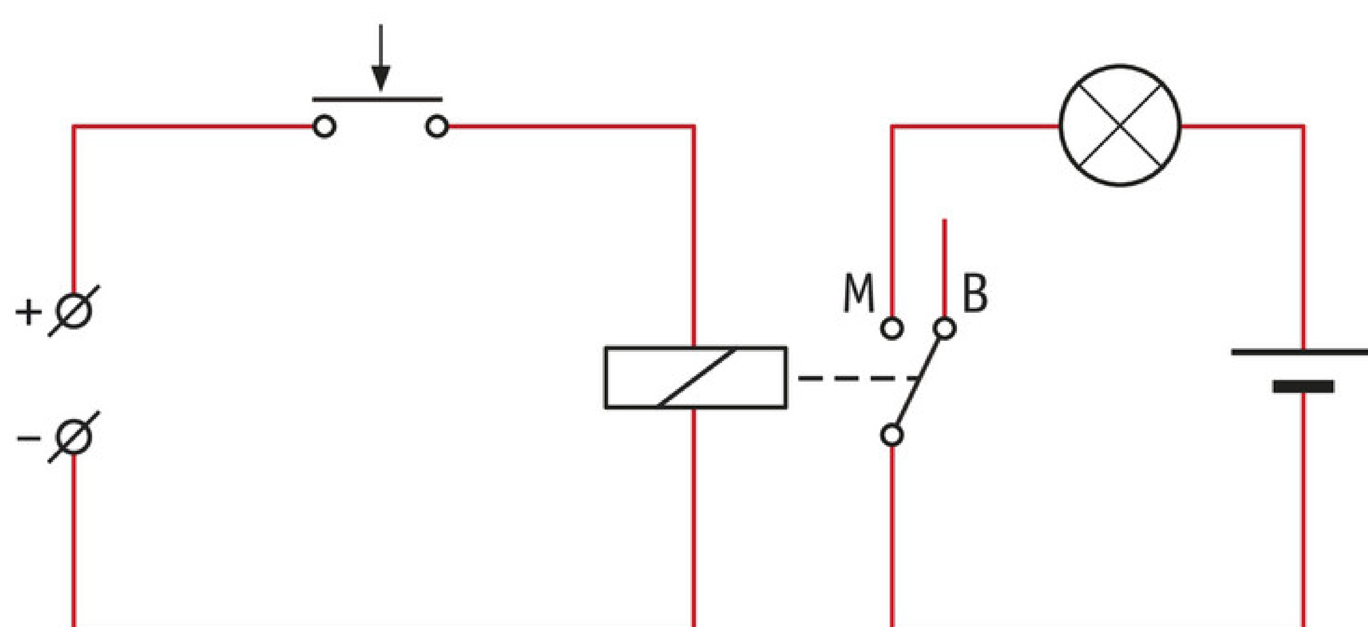
afbeelding 3 Eerst maak je stroomkring 1.

- Houd de schakelaar ingedrukt. Maak de spanning langzaam groter, tot je een klik hoort. Dat betekent dat het relais schakelt.

1 Noteer de spanning.

U = ...

- Verander niets meer aan de spanning van het voedingskastje.
- Sluit het lampje en de batterij op het relais aan zoals in afbeelding 4.



afbeelding 4 Daarna voeg je stroomkring 2 toe.

2 Wat gebeurt er als je de schakelaar indrukt?

....

....

....

3 Wat gebeurt er als je de schakelaar weer loslaat?

....

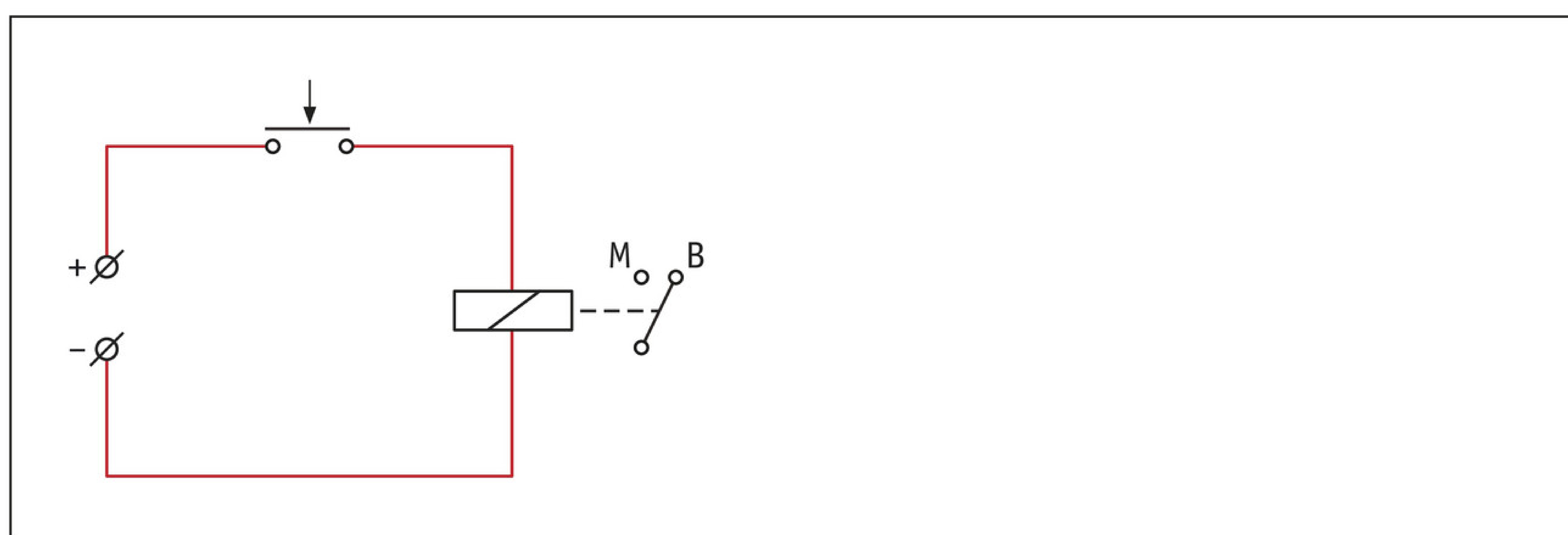
....

....

Extra

- Je kunt ook een schakeling maken, waarin het lampje uitgaat als je de schakelaar indrukt.

4 Maak in afbeelding 5 het schakelschema van deze schakeling af.



afbeelding 5 Maak het incomplete schakelschema af.

- Maak de schakeling die je in afbeelding 5 hebt getekend.
- Probeer of deze schakeling goed werkt.

5 Wat gebeurt er als je de schakelaar indrukt?

....

....

....

6 Wat gebeurt er als je de schakelaar weer loslaat?

....

....

....

7 Welk contact heb je nu gebruikt?

....

PROEF 6 EEN AUTOMATISCHE BUITENLAMP

30 minuten

Inleiding

Er zijn lampen die vanzelf aangaan als het donker wordt. In zo'n lamp zit een sensor die reageert op de hoeveelheid licht. Het signaal van de sensor zorgt ervoor dat de lamp op het juiste moment wordt ingeschakeld. De lamp wordt ook weer uitgeschakeld als het 's ochtends licht genoeg is.

Doel

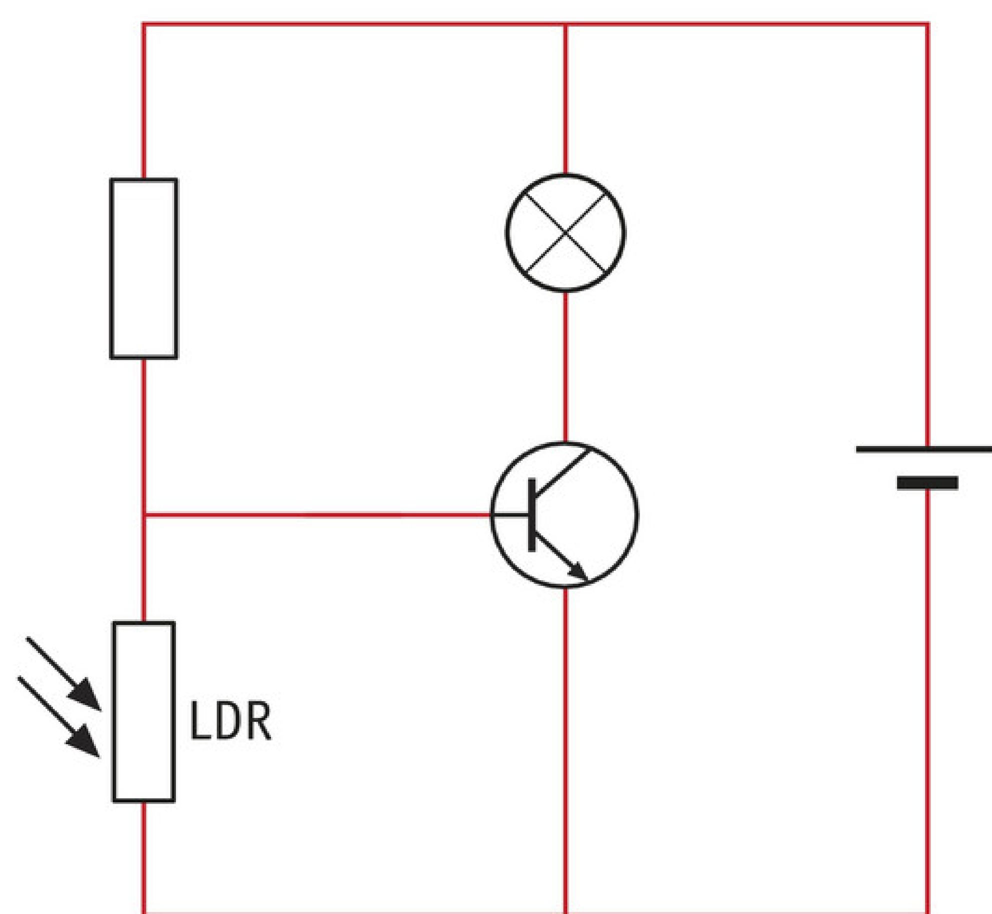
Bij deze proef bouw en test je een schakeling voor zo'n lamp. Als lichtsensor gebruik je een LDR.

Nodig

- ☐ batterij of voedingskastje
- ☐ transistor
- ☐ LDR
- ☐ lampje
- ☐ snoeren
- ☐ diverse elektronicaweerstanden

Uitvoeren en uitwerken

- Maak de schakeling van afbeelding 6. Gebruik voor de gewone weerstand de kleinste weerstand die je hebt (de weerstand met de kleinste waarde).
- Zorg ervoor dat het licht van de zon of van de lampen in het lokaal goed op de LDR valt.



afbeelding 6 Het schakelschema van een automatische buitenlamp.

1 Brandt de lamp nu?

....

- Als het lampje in deze situatie brandt, moet je de weerstand vervangen door een weerstand met een grotere waarde. Probeer de weerstanden uit in volgorde van grootte, tot je er één vindt waarbij de lamp uit blijft.

2 De lamp moet aangaan als het donker wordt.
Leg uit hoe je dat kunt testen.

....

....

....

....

- Test je schakeling.
- Breng verbeteringen aan als dat nodig is.

3 Doet de schakeling het in één keer?
Zo niet, wat heb je aan de schakeling moeten verbeteren?

....

....

....

....

De volgende twee proeven staan in de online leeromgeving. Je leraar beslist of deze proeven worden uitgevoerd.

PROEF 7 EEN INBRAAKALARM

50 minuten

Doel

Je bouwt en test een inbraakalarm dat reageert op het onderbreken van een lichtstraal.

PROEF 8 ONDERZOEK: HET (I,U)-DIAGRAM VAN EEN GLOEIDRAAD

45 minuten

Doel

Je onderzoekt hoe de stroomsterkte door een gloeidraad verandert, als je de spanning stap voor stap opvoert tot de maximale waarde. De onderzoeksvragen zijn:

1 *Welk verband bestaat er bij een gloeidraad tussen de stroomsterkte en de spanning?*
2 *Wijkt een gloeidraad af van de wet van Ohm, en zo ja, hoe groot is die afwijking?*

Leerstofoverzicht

9.1 WEERSTANDEN

ONTHOUD

- De weerstand van een schakelonderdeel zegt iets over hoe gemakkelijk of moeilijk de stroom erdoorheen kan lopen. Bij een grote weerstand kan de stroom moeilijk door het schakelonderdeel heen. De eenheid van weerstand is ohm (Ω).
- Een schakelonderdeel dat je gebruikt om alleen de weerstand in een schakeling te verhogen noem je een weerstand.
- Als je de stroomsterkte door en de spanning over een schakelonderdeel weet, dan kun je de weerstand van dat schakelonderdeel berekenen. Hiervoor gebruik je de formule: $R = \frac{U}{I}$
- De weerstand van een schakelonderdeel kan steeds even groot zijn. In dat geval geldt voor dat onderdeel de wet van Ohm. De spanning en de stroomsterkte zijn dan evenredig.
- De weerstandswaarde van een weerstand kun je aflezen aan de gekleurde ringen die erop zijn aangebracht.

BEGRIPPEN

(I,U)-diagram
Grafiek waarin de stroomsterkte (door een schakelonderdeel) is uitgezet tegen de spanning (over dat schakelonderdeel).

weerstand
1 Eigenschap van voorwerpen die aangeeft of de stroom er gemakkelijk (bij een kleine weerstand) of moeilijk (bij een grote weerstand) doorheen kan lopen.
2 Schakelonderdeel met een bepaalde weerstandswaarde dat je in een schakeling gebruikt.

wet van Ohm
Regel die opgaat voor veel schakelonderdelen. Als een onderdeel voldoet aan de wet van Ohm, is zijn weerstand steeds even groot en zijn de spanning en de stroomsterkte dus evenredig.

9.2 LDR EN NTC

ONTHOUD

- Een eenvoudige automatische schakeling bestaat uit drie delen:
  - een sensor zorgt voor een elektrisch signaal;
  - een schakelaar schakelt iets in of uit;
  - een actuator doet iets wat nuttig is.
- Een LDR is een lichtsensor. De weerstand van een LDR hangt af van de hoeveelheid licht die erop valt. In het donker is de weerstand van een LDR erg groot. In fel licht is de weerstand vrij klein. Is een LDR in een schakeling geplaatst, dan is de stroomsterkte door de LDR in dat geval groter dan in het donker.
- Een NTC is een temperatuursensor. De weerstand van een NTC hangt af van de temperatuur. Als de temperatuur van een NTC stijgt, dan neemt zijn weerstand af. Is een NTC in een schakeling geplaatst, dan wordt de stroomsterkte groter bij toenemende temperatuur.
- Weerstanden kun je in serie schakelen. De totale weerstand van zo'n schakeling bereken je door de afzonderlijke weerstanden bij elkaar op te tellen. Hiervoor gebruik je de formule:
  $R_v = R_1 + R_2 + ...$
- Bij een variabele weerstand kun je de grootte zelf instellen. Dit doe je door een beweegbaar contact over een weerstandsdraad te schuiven. Hoe langer het ingeschakelde deel, des te groter is de weerstand.

BEGRIPPEN

actuator
Schakelonderdeel dat iets doet wat nuttig of prettig is voor de gebruiker van de schakeling.

automatische schakeling
Schakeling die zelfstandig een bepaalde taak uitvoert.

ijken
Een meetinstrument voorzien van een betrouwbare schaalverdeling.

LDR
Lichtgevoelige weerstand die veel wordt gebruikt als lichtsensor.

NTC
Temperatuurgevoelige weerstand die veel wordt gebruikt als temperatuursensor.

schakelaar (in een automatische schakeling)
Schakelonderdeel dat automatisch iets in- of uitschakelt, als een sensor daar het signaal voor geeft.

schuifweerstand
Variabele weerstand waarvan je de weerstandswaarde kunt instellen met een schuifcontact.

sensor
Schakelonderdeel dat een elektrisch signaal produceert dat informatie geeft over zijn omgeving.

9.3 SCHAKELEN MET EEN RELAIS

ONTHOUD

- Een relais is een automatische schakelaar. Bij een relais heb je te maken met twee verschillende stroomkringen:
  - de stroomkring van de elektromagneet;
  - de stroomkring van de actuator.
- In een relais zit een elektromagneet. Een elektromagneet is een lange, geïsoleerde koperdraad die rond een ijzeren kern is gewikkeld. Zo'n spiraalvormig gewikkelde koperdraad heet een spoel. Als je stroom door een spoel laat lopen, wordt hij magnetisch.
- Als er geen stroom door de spoel van het relais loopt, is de spoel niet magnetisch. Een veer trekt aan een beweegbaar anker. Daardoor wordt het anker tegen het breekcontact aangedrukt.
- De spoel wordt magnetisch als je er stroom doorheen laat lopen. Hij trekt dan het stalen anker naar zich toe. Daardoor wordt het anker tegen het maakcontact aangedrukt.
- Een reedcontact is een schakelaar die reageert op een magneet. Als je een magneet bij het reedcontact houdt, klikken twee stalen strips tegen elkaar aan. Zo wordt de stroom ingeschakeld. Als je de magneet weghaalt, veren de strips weer bij elkaar vandaan. Zo wordt de stroom uitgeschakeld.

BEGRIPPEN

anker
Beweegbaar ijzeren onderdeel van een relais.

breekcontact
Contactpunt in een relais; als de elektromagneet is uitgeschakeld, kan er stroom via het breekcontact lopen.

elektromagneet
Lange, geïsoleerde koperdraad die rond een ijzeren kern is gewikkeld.

maakcontact
Contactpunt in een relais; als de elektromagneet wordt ingeschakeld, kan er stroom via het maakcontact lopen.

noordpool
Eén van de uiteinden van een staafmagneet of elektromagneet.

reedcontact
Schakelaar die de stroom inschakelt als je er een magneet bij houdt, en de stroom uitschakelt als je de magneet weghaalt.

relais
Automatische schakelaar die de stroom met behulp van een elektromagneet in- en uitschakelt.

spoel
Geïsoleerde koperdraad die in de vorm van een spiraal is gewikkeld.

zuidpool
Eén van de uiteinden van een staafmagneet of elektromagneet.

9.4 ELEKTRONISCHE SCHAKELINGEN

ONTHOUD

- Met zowel een relais als een transistor kun je een apparaat automatisch aan- en uitzetten.
- Een transistor is kleiner en goedkoper dan een relais. Een transistor verbruikt minder energie dan een relais. Met een transistor kun je alleen kleine spanningen schakelen.
- Een transistor heeft drie aansluitpunten:
  - de collector (C);
  - de basis (B);
  - de emitter (E).
- Door een transistor kunnen twee stromen lopen:
  - van de basis naar de emitter;
  - van de collector naar de emitter.
- De stroom door de basis bepaalt of de transistor uit- of aanstaat.
  - De transistor staat in de UIT-stand als de stroom door de basis nul of bijna nul is. Er kan dan ook geen stroom lopen van de collector naar de emitter.
  - De transistor staat in de AAN-stand als er een kleine stroom door de basis loopt. Er kan dan een veel grotere stroom lopen van de collector naar de emitter.
- Een condensator kun je in een schakeling gebruiken om elektrische energie in op te slaan. Je moet hem dan aansluiten op een spanningsbron. Een condensator laadt veel sneller op dan een batterij, maar is ook veel sneller weer leeg.

BEGRIPPEN

basis
Aansluitpunt van een transistor; via dit aansluitpunt loopt de ‘schakelstroom’ de transistor in.

collector
Aansluitpunt van een transistor; via dit aansluitpunt loopt de stroom van het apparaat (de ‘apparaatstroom’) dat door de transistor wordt aan- en uitgezet.

condensator
Schakelonderdeel waarin snel een kleine hoeveelheid elektrische energie kan worden opgeslagen.

emitter
Aansluitpunt van een transistor; de stroom loopt via de emitter weer terug naar de batterij.

transistor
Automatische schakelaar die de stroom volledig elektronisch (zonder bewegende delen) in- en uitschakelt.


Ga naar de *Flitskaarten*.

10 Krachten

WERKEN MET KRACHTEN

Gebouwen en bruggen moeten tegen grote krachten bestand zijn. De krachten moeten daarom zorgvuldig over de constructie worden verdeeld. Als op één onderdeel te grote krachten werken, kan de hele constructie het begeven. Ingenieurs zijn daarom soms jaren bezig om een goed ontwerp te maken.

INTRODUCTIE

THEORIE

AFSLUITING





Wat weet je al over krachten?

LEERDOELEN

1 Je kunt uitleggen hoe je krachten kunt meten met een krachtmeter (veerunster).
2 Je kunt de verschillende krachten benoemen die een rol spelen in een gegeven situatie.
3 Je kunt tekenen hoe de zwaartekracht aangrijpt in het zwaartepunt van een voorwerp.
4 Je kunt het verband beschrijven tussen de uitrekking en de kracht op een veer.
5 Je kunt de massa omrekenen van de ene eenheid naar de andere eenheid.

In hoofdstuk 3 van Nova nask 1 leerjaar 3 heb je al een aantal dingen over krachten geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Wat is de eenheid van kracht?
- ○ A kilogram
- ○ B meter
- ○ C newton

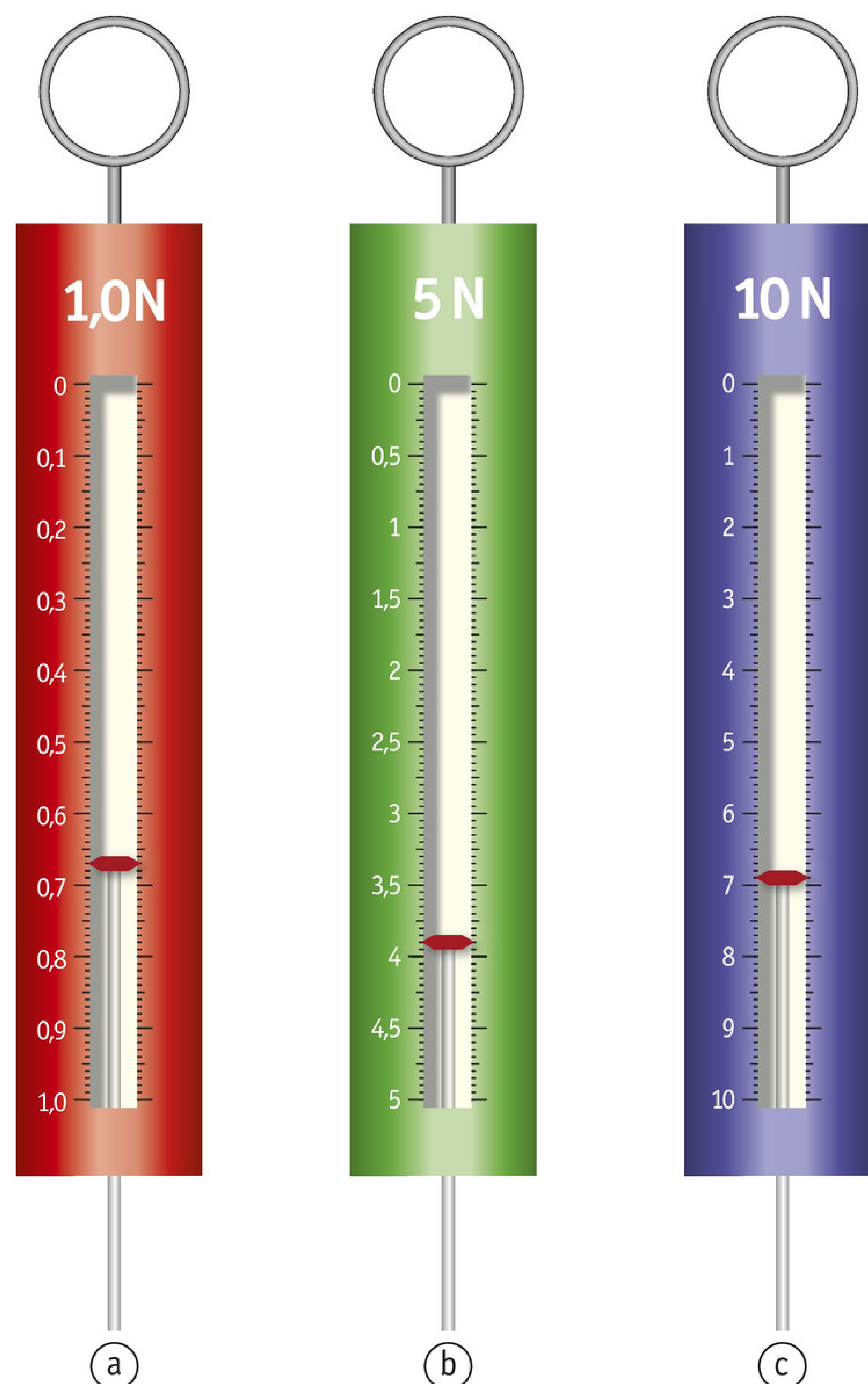
2 In afbeelding 1 zie je drie krachtmeters.
Hoe groot is de kracht:
- die krachtmeter a aangeeft?

  .... N
- die krachtmeter b aangeeft?

  .... N
- die krachtmeter c aangeeft?

  .... N

afbeelding 1 Drie krachtmeters.

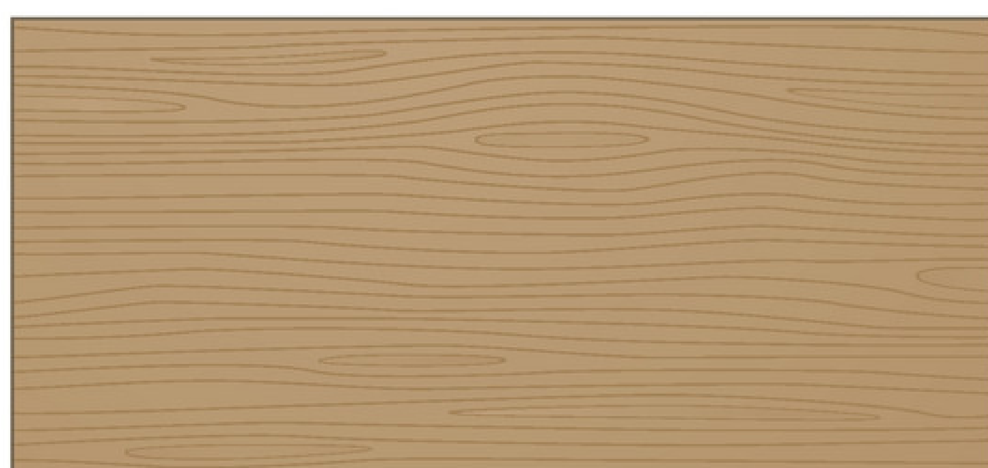


3 Noteer drie soorten krachten.

....

....

4  In afbeelding 2 kijk je tegen de zijkant van een houten blok aan.
Geef het zwaartepunt van het blok aan met een rode stip.



afbeelding 2 Waar ligt het zwaartepunt?

5 Bij een proef hang je een veer op aan een statief. Je hebt drie gelijke gewichtjes. Als je één gewichtje aan de veer hangt, rekt de veer 3 cm uit.

Als je alle drie de gewichtjes aan de veer hangt, rekt de veer .... cm uit.

6 Reken om.

0,355 kg = ... g

1,236 kg = ... g

0,067 kg = ... g

700 g = ... kg

35 g = ... kg

1432 g = ... kg

 **Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.**

1 Soorten krachten

LEERDOELEN

10.1.1 Je kunt beschrijven welke effecten krachten op een voorwerp kunnen hebben.
10.1.2 Je kunt de grootte van een kracht met een geschikte krachtmeter meten.
10.1.3 Je kunt een kracht tekenen als een vector, volgens een gegeven krachtenschaal.
10.1.4 Je kunt de krachten benoemen die in een gegeven situatie op een voorwerp werken.
10.1.5 Je kunt de zwaartekracht berekenen die op een voorwerpt werkt.
10.1.6 Je kunt beredeneren of twee magnetische voorwerpen elkaar aantrekken of afstoten.
10.1.7 Je kunt beredeneren of twee elektrisch geladen voorwerpen elkaar aantrekken of afstoten.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	10.1.1	10.1.2	10.1.3	10.1.4	10.1.5	10.1.6	10.1.7
Onthouden	1a		1b	2abcd	1cd	2ef	3abc
Begrijpen		7d	9	5abc, 6, 10ab			11ab
Toepassen			4abcd		7abc, 8a		
Analyseren	10cde				8b		

Als je je spieren regelmatig gebruikt, worden ze groter en kun je er grotere krachten mee uitoefenen. Hoe zou je kunnen meten hoeveel je spierkracht is toegenomen?

DE EFFECTEN VAN KRACHTEN

Overal om je heen werken krachten. Een touwtrekwedstrijd is een goed voorbeeld (afbeelding 1). Je kunt denken aan de spierkracht waarmee de touwtrekkers zich afzetten, de spankracht in het touw en de wrijvingskracht tussen het touw en de handen van de touwtrekkers.

Krachten kunnen verschillende effecten hebben:

- Een kracht kan de vorm van een voorwerp veranderen.
  Soms is de vervorming maar tijdelijk. Dat zie je bijvoorbeeld bij een duikplank. Als je op het uiteinde gaat staan, buigt de plank door. Als je eraf springt, krijgt de plank zijn oorspronkelijke vorm weer terug. Krachten kunnen een voorwerp ook blijvend vervormen. Dat zie je bij een klomp klei die door een pottenbakker bewerkt wordt.
- Een kracht kan de beweging van een voorwerp veranderen.
  Krachten kunnen de snelheid van een voorwerp groter of kleiner maken en ze kunnen het voorwerp van richting laten veranderen.



afbeelding 1 Touwtrekken vraagt veel kracht.

KRACHTEN METEN

PROEF 1

Krachten kun je meten met een krachtmeter. In zo'n krachtmeter zit een spiraalveer. Hoe groter de kracht waarmee je aan de krachtmeter trekt, des te verder rekt de veer uit (afbeelding 2). Een wijzertje beweegt daarbij langs de schaalverdeling die op de krachtmeter is aangebracht. Zo kun je aflezen hoe groot de kracht in newton is. De newton (N) is de eenheid waarin je alle krachten meet.

Krachtmeters kunnen een uiteenlopend meetbereik hebben. Voor het meten van grote krachten gebruik je een krachtmeter met een stugge veer en een groot meetbereik. Voor het meten van kleine krachten gebruik je een krachtmeter met een soepele veer en een klein meetbereik. Een krachtmeter met een groot meetbereik is niet nauwkeurig genoeg om een kleine kracht te meten.

afbeelding 2 Krachten meten met een krachtmeter.



KRACHTEN TEKENEN

Een kracht heeft een grootte, een richting en een **aangrijpingspunt**. Daarom zeg je dat een kracht een **vector** is. Een vector teken je als een pijl. Dat geldt ook voor krachten. Voor het tekenen van krachten gelden drie regels:

- de lengte van de pijl geeft de grootte van de kracht aan;
- de richting van de pijl geeft de richting van de kracht aan;
- het beginpunt van de pijl geeft het aangrijpingspunt aan.

Als je een kracht gaat tekenen, kies je eerst een **krachtenschaal**. Bijvoorbeeld: 1 cm ≙ 5 N. Dat betekent dat een pijl met een lengte van 1 cm een kracht van 5 N voorstelt. Een kracht van 15 N teken je op deze schaal als een pijl van 3 cm.

SOORTEN KRACHTEN

Er zijn verschillende soorten krachten. Om ze van elkaar te onderscheiden, geef je ze een naam zoals zwaartekracht, spierkracht en veerkracht. Als je een kracht met het symbool *F* schrijft, kun je met subscripten (kleine letters) achter de letter *F* aangeven om wat voor kracht het gaat. Bijvoorbeeld: F_z voor de zwaartekracht, F_s of F_{spier} voor de spierkracht, F_v of F_{veer} voor de veerkracht, enzovoort.

ZWAARTEKRACHT

Op elk voorwerp dat zich op of boven de aarde bevindt, werkt de aantrekkingskracht van de aarde. Deze aantrekkingskracht wordt de **zwaartekracht** genoemd. Als je de massa van een voorwerp kent, kun je de zwaartekracht berekenen met de formule:

$$F_z = m \cdot g$$

In deze formule is:

- F_z de zwaartekracht op het voorwerp in newton (N);
- m de massa van het voorwerp in kilogram (kg);
- g de zwaartekracht per massa-eenheid in newton per kilogram (N/kg).

Op aarde is g gelijk aan 9,8 newton per kilogram (N/kg). Meestal gebruik je de afgeronde waarde: 10 N/kg. Een voorwerp met een massa van 1 kg ondervindt dus op aarde een zwaartekracht van (afgerond) 10 N. Op de maan is g veel kleiner: maar 1,6 N/kg. Daardoor is de zwaartekracht op de maan altijd veel kleiner dan op de aarde.

VOORBEELDOPDRACHT 1

De cementbak in afbeelding 3 heeft een massa van 500 kg.
Bereken de zwaartekracht op de cementbak in kN.

gegevens m = 500 kg
g = 10 N/kg

gevraagd F_z = ?

uitwerking $F_z = m \cdot g = 500 \times 10 = 5000$ N = 5,00 kN



afbeelding 3 Hoe hard trekt de zwaartekracht aan de cementbak?

SPIERKRACHT

Mensen kunnen krachten uitoefenen door de spieren in hun lichaam aan te spannen. Met de **spierkracht** die dan ontstaat, kunnen ze voorwerpen optillen, vooruit trekken, indrukken, enzovoort. Als je thuis je voordeur op slot draait, oefenen je vingers een spierkracht uit op de sleutel.

VEERKRACHT

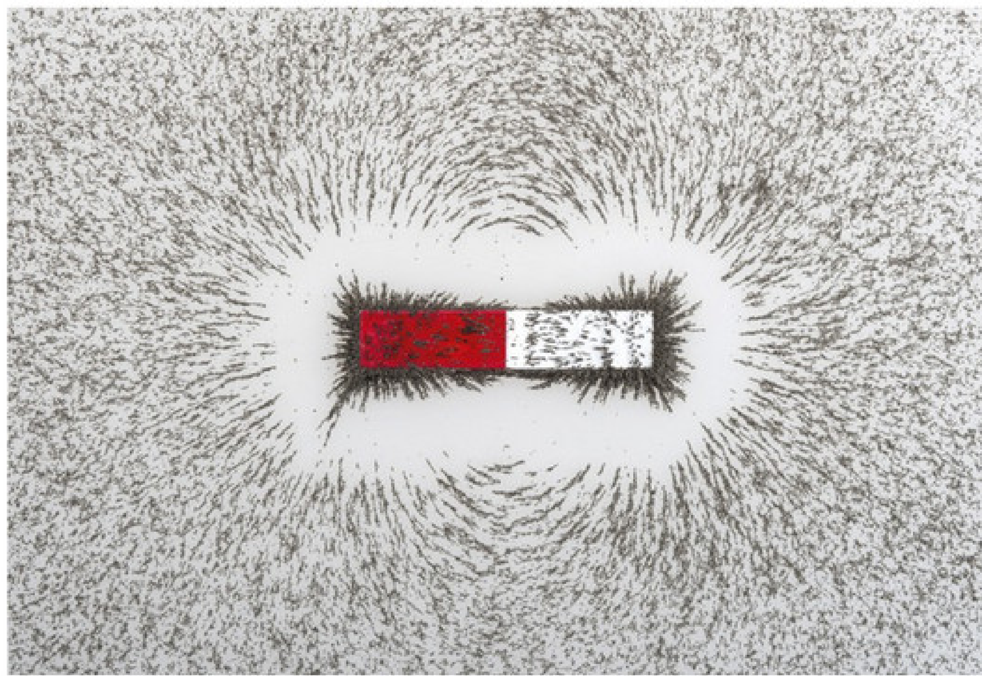
Je kunt een veerkrachtig voorwerp niet zomaar uitrekken of in elkaar drukken. Je voelt dan dat het voorwerp terugduwt of trekt. Deze tegenwerkende kracht heet de **veerkracht**. Als je een elastiek uitrekt, voel je de veerkracht aan je handen trekken.

SPANKRACHT
In een touw ontstaan **spankrachten** als het touw strak wordt gespannen. Met een touw of een kabel kun je daardoor krachten overbrengen. Dat zie je bijvoorbeeld bij een sleepboot die een schip aan een kabel vooruit trekt.

NORMAALKRACHT
Als je een voorwerp op een tafel zet, zal het tafelblad een klein beetje vervormen. Hierdoor oefent het tafelblad een kracht uit op het voorwerp die recht omhoog is gericht. Voor een vloer geldt hetzelfde. Door deze **normaalkracht** blijft het voorwerp staan waar je het hebt neergezet.

MAGNETISCHE KRACHT
Magneten oefenen **magnetische krachten** uit op elkaar. Dat merk je als je de polen (uiteinden) van twee magneten tegen elkaar houdt. Twee noordpolen stoten elkaar af, net als twee zuidpolen. Maar een noordpool en een zuidpool trekken elkaar aan. Een magneet trekt ook voorwerpen aan van ijzer en nikkel.

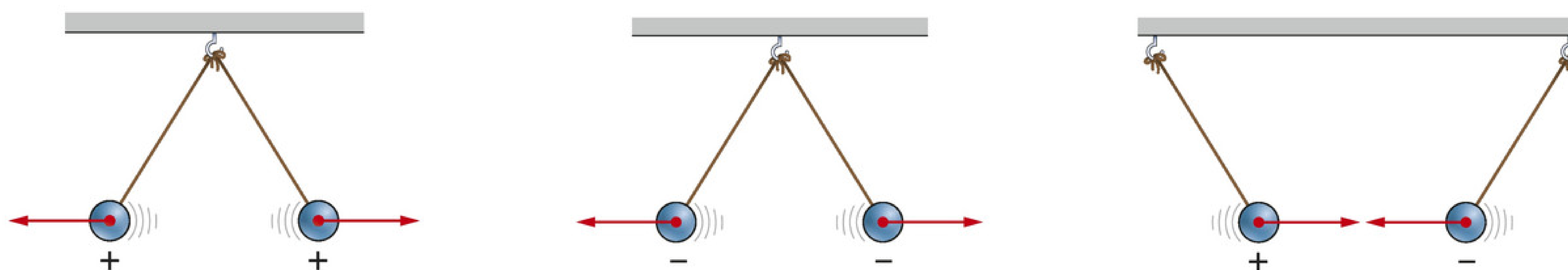
Rond elke magneet is er een magneetveld. Dat is het gebied waarin de magneet krachten uitoefent. Je kunt het magneetveld zichtbaar maken door ijzerpoeder rond de magneet te strooien (afbeelding 4). Er ontstaat dan een patroon van **veldlijnen**. Deze lijnen geven de richting aan van de magnetische kracht.



afbeelding 4 Het magneetveld rond een staafmagneet.

ELEKTRISCHE KRACHT
Je kunt voorwerpen elektrisch laden door ze te wrijven met een doek. Er zijn twee soorten lading: positieve lading en negatieve lading. Geladen voorwerpen oefenen **elektrische krachten** op elkaar uit. Twee positief geladen voorwerpen stoten elkaar af, net als twee negatief geladen voorwerpen. Een positief en een negatief geladen voorwerp trekken elkaar aan (afbeelding 5).

afbeelding 5 Aantrekken en afstoten.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Overal om je heen werken krachten.

a Welke twee effecten kan een kracht hebben?

....

....

....

b Bij een tekening in een natuurkundeboek staat: 'De gebruikte krachtenschaal is 1 cm ≙ 5 N.'
Wat wordt daarmee bedoeld?

....

....

....

c Welke waarde heeft *g* op aarde, op één cijfer achter de komma?

....

d Welke afgeronde waarde voor *g* gebruik je bij het maken van opdrachten?

....

2 Er bestaan verschillende soorten krachten.

a Veerkracht ontstaat als je een veerkrachtig voorwerp .... of ....

b Spankracht ontstaat als je een touw of een kabel ....

c Spierkracht ontstaat doordat de .... in je lichaam zich aanspannen.

d Magnetische krachten ontstaan als je de .... van twee magneten bij elkaar brengt.

e De noordpool van een magneet .... de noordpool van een andere magneet ....

f De noordpool van een magneet .... de zuidpool van een andere magneet ....

3 Deze opdracht gaat over elektrische krachten.

a Twee negatief geladen voorwerpen *stoten elkaar af / trekken elkaar aan*.

b Twee positief geladen voorwerpen *stoten elkaar af / trekken elkaar aan*.

c Een positief en een negatief geladen voorwerp *stoten elkaar af / trekken elkaar aan*.

TOEPASSING

Gebruik waar nodig het gegeven dat *g* op aarde 10 N/kg is.

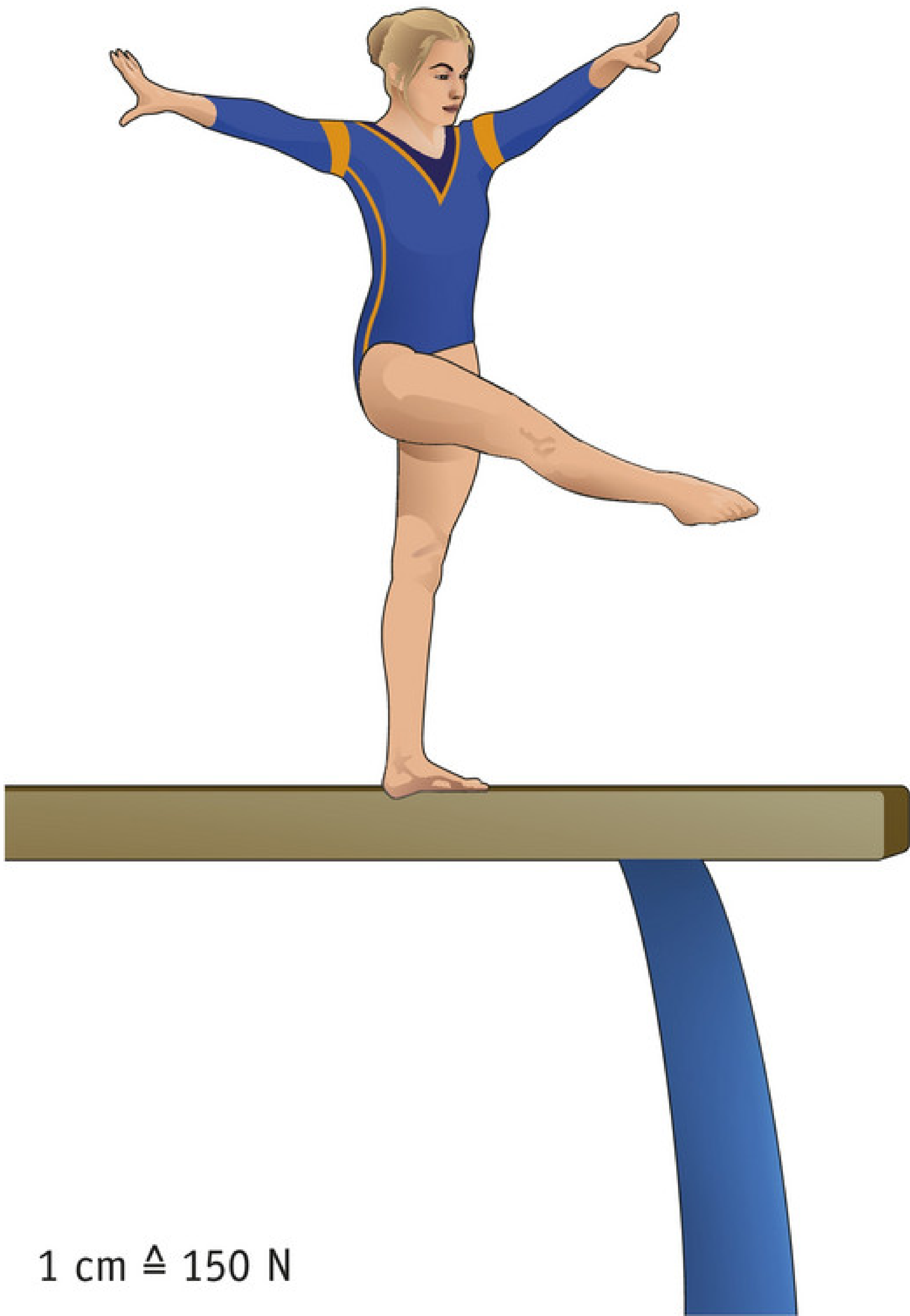
4  Teken in afbeelding 6 de volgende krachten. Let op de krachtenschaal.

a Jan trekt met een kracht van 375 N aan het touw.
b Nadia oefent met haar voet een kracht van 450 N uit op de evenwichtsbalk.
c De aarde oefent een kracht van 500 N op Peter uit.
Tip: deze kracht grijpt aan bij Z.
d Het elastiek oefent op elk been van Erwin een kracht uit van 150 N.

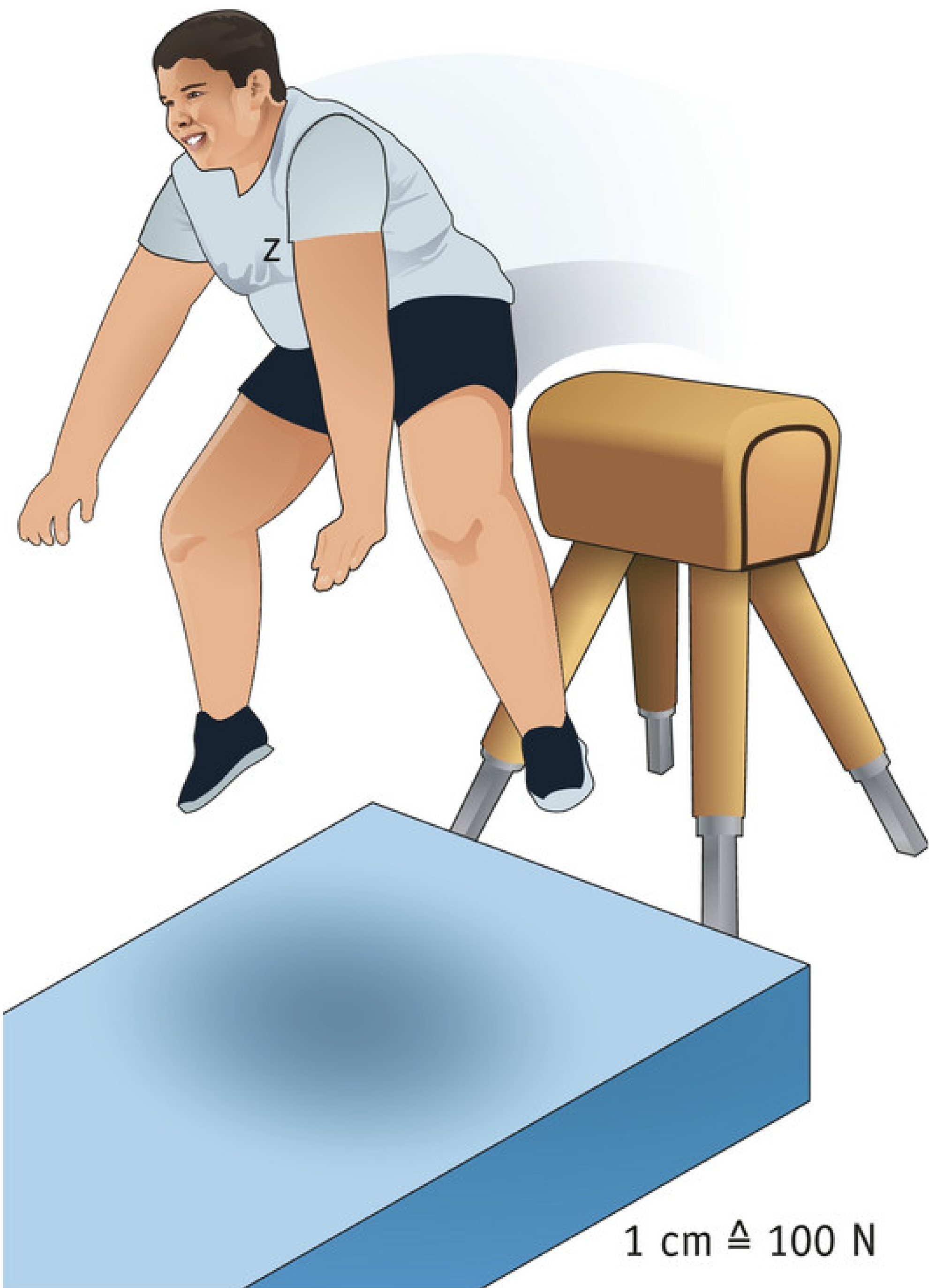
afbeelding 6 Krachten in de gymzaal.



a Jan



b Nadia



c Peter



d Erwin

5 Kijk nog eens naar afbeelding 6a, 6c en 6d.

a De kracht die Jan op het touw uitoefent is de ....

b De kracht die de aarde op Peter uitoefent is de ....

c De kracht die het elastiek op Erwins benen uitoefent is de ....

Werken als bergingsspecialist beroep



Ireen was altijd al geïnteresseerd in techniek en in snelheid. Toen ze zes jaar oud was deed ze al aan karten. Na het vmbo heeft ze de opleiding Technisch Specialist Bedrijfsauto's gedaan (mbo niveau 4). Ze heeft daarna enkele jaren bij een garagebedrijf gewerkt en vrachtauto's gerepareerd. Ireen: "Ik heb zes jaar in een werkplaats gewerkt en dat had ik toen wel gezien. Ik wilde iets anders, maar het moest wel met auto's te maken hebben."

Ireen zag toen een vacature voor Bergingsspecialist. Ireen: "Ik werk nog steeds met auto's, maar ben altijd met mijn takelwagen onderweg. Je probeert eerst of je een auto nog ter plekke kunt repareren. Lukt dat niet dan neem ik hem mee op de takelwagen."

6 Lees de tekst 'Werken als bergingsspecialist'.
Ireen moet een auto ophalen die niet meer rijden kan. Met een kabel van haar takelwagen trekt ze de kapotte auto vooruit (afbeelding 7).
Welke soort kracht zorgt ervoor dat de auto vooruit wordt getrokken?

○ A spankracht
○ B spierkracht
○ C veerkracht
○ D wrijvingskracht



afbeelding 7 Met een kabel een auto vooruit trekken.

7 Naomi gebruikt een krachtmeter om de zwaartekracht te meten op:

- een zak koekjes van 0,50 kg;
- een zak drop van 250 g;
- een reep chocolade van 45 g.

a Bereken de grootte van de zwaartekracht op de zak koekjes.

....

....

....

....

....

b Bereken de grootte van de zwaartekracht op de zak drop.

c Bereken de grootte van de zwaartekracht op de reep chocolade.

d Naomi heeft drie krachtmeters (afbeelding 8). Leg uit met welke krachtmeter ze de zwaartekracht op de zak koekjes het meest nauwkeurig kan bepalen.

afbeelding 8 Drie krachtmeters.

★ 8  Zie de vaardigheid *Werken met formules*.
Op 21 juli 1969 liep Neil Armstrong als eerste mens op de maan. De massa van zijn lichaam en zijn ruimtepak was in totaal 160 kg.

a Bereken de zwaartekracht op Neil Armstrong (inclusief zijn ruimtepak) tijdens zijn verblijf op de maan.

....

....

....

....

....

b Beredeneer wanneer de zwaartekracht op Armstrong groter was: met ruimtepak op de maan of zonder ruimtepak op aarde?

....

....

....

....

....

....

....

9 Tijdens een proefwerk moet Jeffrey drie krachten in een afbeelding tekenen:
F_1 = 85 N, F_2 = 53 N en F_3 = 48 N
Als krachtenschaal gebruikt hij 1 cm ≙ 15 N.
Bereken hoe lang Jeffrey elke pijl moet tekenen. Geef je antwoorden in cm, met één cijfer achter de komma.

....

....

....

★ 10

In afbeelding 9 zie je Anton die aan het bungeejumpen is.
In de situatie op de foto oefent het elastiek nog geen veerkracht uit op Anton.

a Waaraan zie je dat?

....

....

b Wanneer begint de veerkracht van het elastiek op Anton te werken?

....

....

c Anton merkt op een bepaald moment dat de veerkracht van het elastiek groter is dan zijn zwaartekracht.
Waaraan merkt hij dat?

....

....

d Wanneer is de veerkracht die op Anton wordt uitgeoefend, het grootst?

....

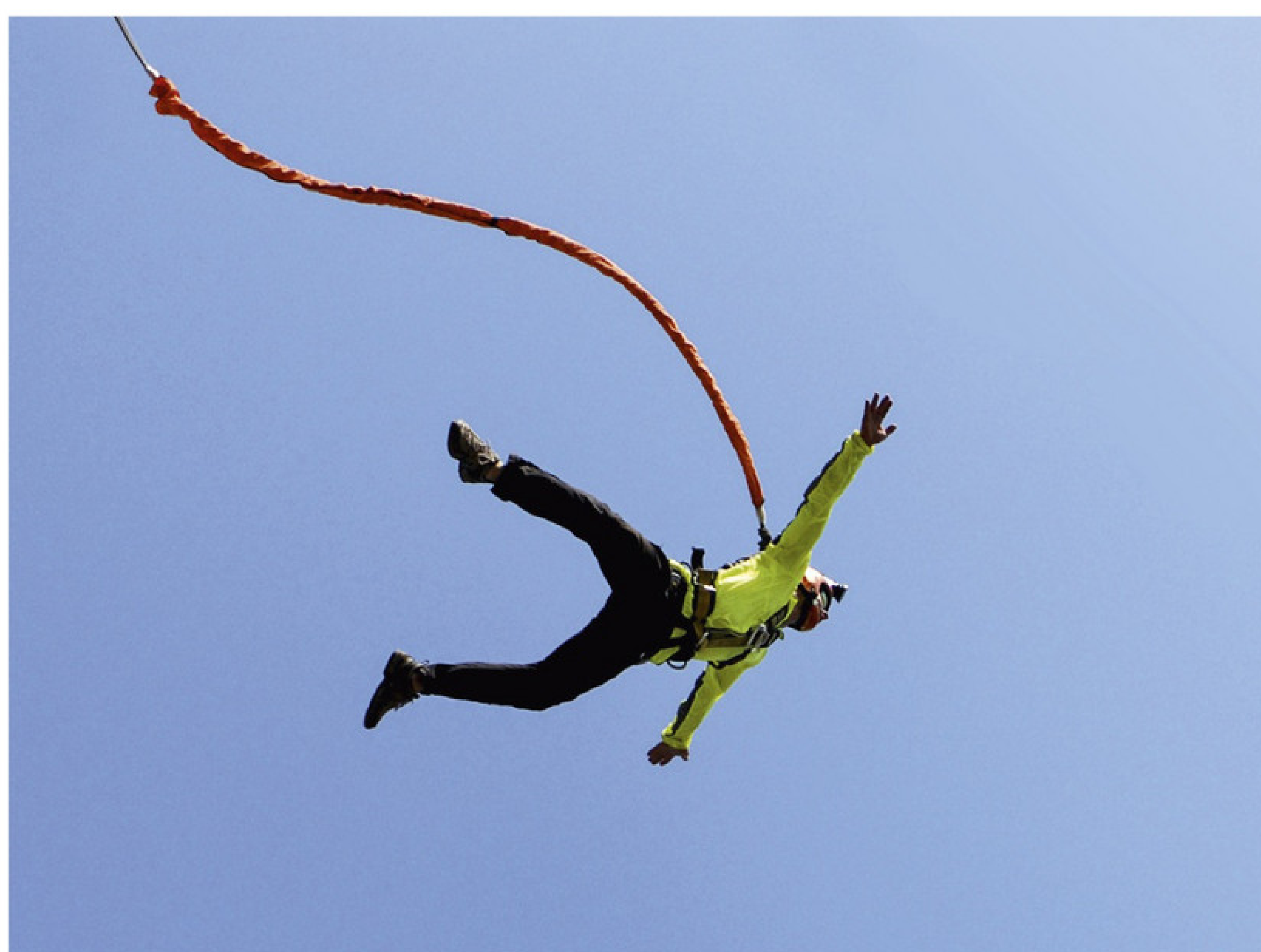
....

....

e De maximale veerkracht is een stuk groter dan de zwaartekracht.
Wat gebeurt er dus met Anton?

....

....



afbeelding 9 Een bungeejumper.

11 Nelia doet een proef met twee plastic staafjes. Ze wrijft één van de staafjes met een doek, zodat het elektrisch geladen wordt. Dit staafje hangt ze op, zodat het vrij kan bewegen. Daarna wrijft ze ook het andere plastic staafje, zodat dit dezelfde lading krijgt.

a Wat gebeurt er als Nelia het tweede staafje vlak bij het opgehangen staafje brengt (afbeelding 10)?

....

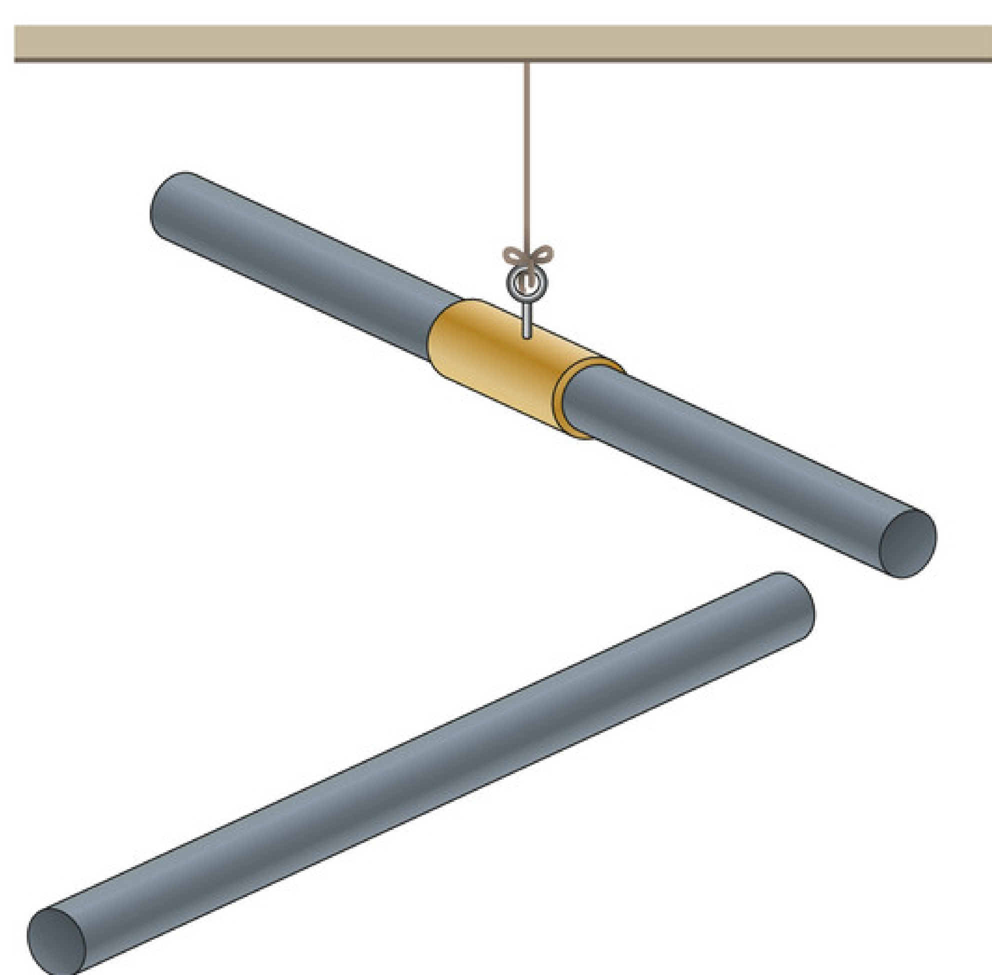
....

b Leg uit hoe je aan je antwoord bij opdracht a bent gekomen.

....

....

....



afbeelding 10 Wat doen de geladen staafjes?



Test je kennis met de *Test jezelf*.

2 Krachten in constructies

LEERDOELEN

10.2.1 Je kunt aangeven of er trekkrachten of drukkrachten op een constructie werken.
10.2.2 Je kunt enkele belangrijke eigenschappen van staal, baksteen, beton en hout noemen.
10.2.3 Je kunt toelichten hoe staal, baksteen, beton en hout in constructies worden toegepast.
10.2.4 Je kunt uitleggen waar een ontwerper op let bij de keuze van een constructiemateriaal.
10.2.5 Je kunt uitleggen waarom in constructies driehoeken worden toegepast.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	10.2.1	10.2.2	10.2.3	10.2.4	10.2.5
Onthouden		1abcde, 3a	3b		2ab
Begrijpen	5abc				
Toepassen	4ab, 7a		6abc	9a	7b
Analyseren	3c, 8, 9b				

Mona maakt een eenvoudige brug door een plank over een sloot te leggen. Hoe vervormt zo'n plank als ze er daarna overheen loopt? Welke krachten werken er dan in de plank?

TREKKRACHTEN EN DRUKKRACHTEN

PROEF 2

Een brug of een gebouw mag niet zomaar kunnen instorten. Ontwerpers kijken daarom goed naar de krachten die op de constructie werken. Ze gaan na op welke onderdelen trekkrachten werken en op welke onderdelen drukkrachten. Bij het kiezen van de bouwmaterialen houden ze daar rekening mee.

Een tuibrug is een goed voorbeeld van zo'n constructie (afbeelding 1). Bij een tuibrug hangt het brugdek aan dikke kabels: de tuien. De kabels zijn vastgemaakt aan pylonen die ver boven het brugdek uitsteken.



afbeelding 1 Een tuibrug.

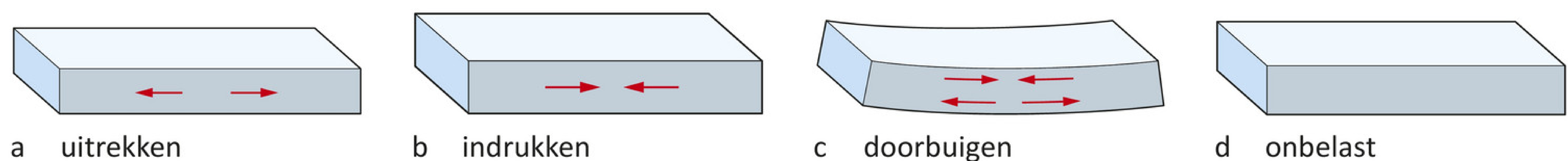
Op de kabels staan **trekkrachten**. Dat zijn krachten die het materiaal uitrekken (afbeelding 2a). Daarom zijn de kabels van staal gemaakt. Dit materiaal is goed bestand tegen trekkrachten.

Op de pylonen werken **drukkrachten**. Dat zijn krachten die het materiaal in elkaar drukken (afbeelding 2b). De pylonen zijn gemaakt van beton. Dat materiaal is goed bestand tegen drukkrachten.

In het brugdek werken zowel drukkrachten als trekkrachten (afbeelding 2c). Dat komt doordat het brugdek iets doorbuigt als er auto's overheen rijden. De bovenkant van het brugdek wordt dan een beetje ingedrukt en de onderkant een beetje uitgerekt. Om de krachten op te vangen, wordt voorgespannen beton gebruikt: een combinatie van beton en staal.

Als je materiaal niet belast werken er ook geen krachten in het materiaal (afbeelding 2d).

afbeelding 2 Krachten in een constructie.



a uitrekken b indrukken c doorbuigen d onbelast

BOUWMATERIALEN KIEZEN

Een huis is ook een constructie waarin trekkrachten en drukkrachten optreden. De makers van het ontwerp houden daar rekening mee bij het kiezen van de bouwmaterialen, zoals baksteen, beton en hout. Daarbij staat de veiligheid voorop. Een huis mag niet instorten onder zijn eigen gewicht en moet tegen stormen en zware windstoten kunnen.

BAKSTEEN

Bakstenen worden gemaakt van klei, gemengd met water. Van dit mengsel worden losse stenen gemaakt door het in een vorm te persen. De stenen worden daarna gedroogd om het water er zo veel mogelijk uit te halen. Ten slotte worden ze in een oven gebakken bij een temperatuur van ongeveer 1100 °C.

Baksteen is goed bestand tegen drukkrachten. Funderingen en muren kun je er prima van bouwen. Baksteen kan niet tegen trekkrachten. Een onderdeel waarop trekkrachten komen te staan, kun je beter niet van baksteen maken.

De bakstenen muur in afbeelding 3 is beschadigd tijdens een aardbeving in de provincie Groningen. Er kwamen trekkrachten op de constructie te staan en daarvoor was ze niet ontworpen. Door die krachten is de metselspecie gaan scheuren en zijn er ook stenen kapotgegaan.



afbeelding 3 Een bakstenen muur na een aardbeving.

BETON
Beton wordt gemaakt door zand, grind, cement en water in de juiste verhouding te mengen. Je giet het mengsel in een vorm en laat het daarna uitharden. Bij deze chemische reactie ontstaat een hard, steenachtig materiaal dat goed bestand is tegen drukkrachten. Het wordt in allerlei constructies toegepast.

Gewoon beton (zonder versteviging) is niet geschikt voor vloeren. Dat komt doordat beton niet goed tegen trekkrachten kan. Als je een zwaar voorwerp op een vloer zet, buigt de vloer iets door. Er komen dan trekkrachten op de onderkant van de vloer te staan. Gewoon beton zou daarvan gaan scheuren.

Vloeren worden daarom gemaakt van gewapend beton. Dat is beton waarin een 'wapening' van dikke staaldraden is aangebracht (afbeelding 4). Dit stalen geraamte vangt de trekkrachten op die op het beton werken.



afbeelding 4 Zo wordt gewapend beton gemaakt.

HOUT
Hout is net als staal goed bestand tegen druk- en trekkrachten. Hout heeft een kleine dichtheid, vergeleken met andere bouwmaterialen. Hout wordt daarom veel gebruikt om er overkappingen mee te bouwen, want die moeten sterk én licht zijn.

Een houten dakconstructie moet zowel druk- als trekkrachten opvangen (afbeelding 5). De schuine spanten dragen het gewicht van het dak. Op deze balken werken drukkrachten. Horizontale balken voorkomen dat de spanten uit elkaar bewegen. Deze balken vangen dus trekkrachten op.



afbeelding 5 Een dakconstructie.

De dakconstructie in afbeelding 5 is opgebouwd uit **driehoeken**. Driehoeken worden veel gebruikt in constructies, omdat ze star (moeilijk te vervormen) zijn. Een vierhoek kun je veel gemakkelijker vervormen. Daarom worden rechthoeken in constructies vaak verstevigd met een diagonale balk (afbeelding 6). Zo'n balk verandert een rechthoek in twee starre driehoeken.



afbeelding 6 Beide rechthoeken zijn verstevigd met een diagonale balk.

ANDERE ONTWERPEISEN

Bij het kiezen van bouwmaterialen is niet alleen de sterkte van belang. Een ontwerper moet met allerlei ontwerpeisen rekening houden. Welke regels stelt de overheid? Wat zijn de wensen van de opdrachtgever? Hoeveel geld mag de constructie kosten?

Een ontwerper kijkt daarom niet alleen naar de sterkte van een materiaal, maar ook naar:
- de dichtheid;
- het uiterlijk;
- de prijs;
- de isolatiewaarde;
- de brandbaarheid;
- de duurzaamheid;
- de effecten op het milieu.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Er zijn verschillende soorten bouwmaterialen.

a Bakstenen worden gemaakt door .... gemengd met water in een .... te persen.

b De gevormde bakstenen worden .... en daarna .... in een steenoven.

c Beton is een mengsel van ...., ..., ... en .... dat daarna is uitgehard.

d Baksteen is goed bestand tegen .... krachten, maar slecht tegen .... krachten.

e De bouwmaterialen .... en .... zijn allebei goed bestand tegen trekkrachten.

2 In constructies zoals bruggen en gebouwen kom je vaak rechthoeken tegen.

a Welk nadeel hebben rechthoeken in constructies?

....

....

b Op welke manier worden rechthoeken in constructies steviger gemaakt?

....

....

....

TOEPASSING

3 Voor vloeren wordt vaak gewapend beton gebruikt.

a Waaruit bestaat deze wapening?

....

....

b Wat voor krachten moet de wapening opvangen?

....

....

c Leg uit of de wapening aan de onderkant of aan de bovenkant van de vloer zit.

....

....

....

4 Esmée, Anne, Noah en Yannis zitten op een tafel (afbeelding 7).

a Wat voor krachten werken er op de poten van de tafel?

- ○ A alleen drukkrachten
- ○ B alleen trekkrachten
- ○ C zowel drukkrachten als trekkrachten

b Wat voor krachten werken er in het tafelblad?

- ○ A alleen drukkrachten
- ○ B alleen trekkrachten
- ○ C zowel drukkrachten als trekkrachten



afbeelding 7 De krachten op een tafel.

5 Een partytent is een constructie, net als een huis of een brug (afbeelding 8). Zo'n tent moet stevig genoeg zijn om de krachten op te vangen die op de verschillende onderdelen werken.

a Op de palen die het dak omhooghouden, werken *drukkrachten* / *trekkrachten*.

b Op het tentdoek dat het dak van de tent vormt, werken *drukkrachten* / *trekkrachten*.

c Op de touwen die het tentdoek strak spannen, werken *drukkrachten* / *trekkrachten*.



afbeelding 8 Een partytent vlak voor een bruiloft.

6 Bij de brug in afbeelding 9 is het brugdek met kabels opgehangen aan een boog. De boog rust op pijlers die in de rivier staan.

a Leg uit of staal een geschikt materiaal voor de kabels is.

....

....

b Leg uit of baksteen een geschikt materiaal voor de pijlers is.

....

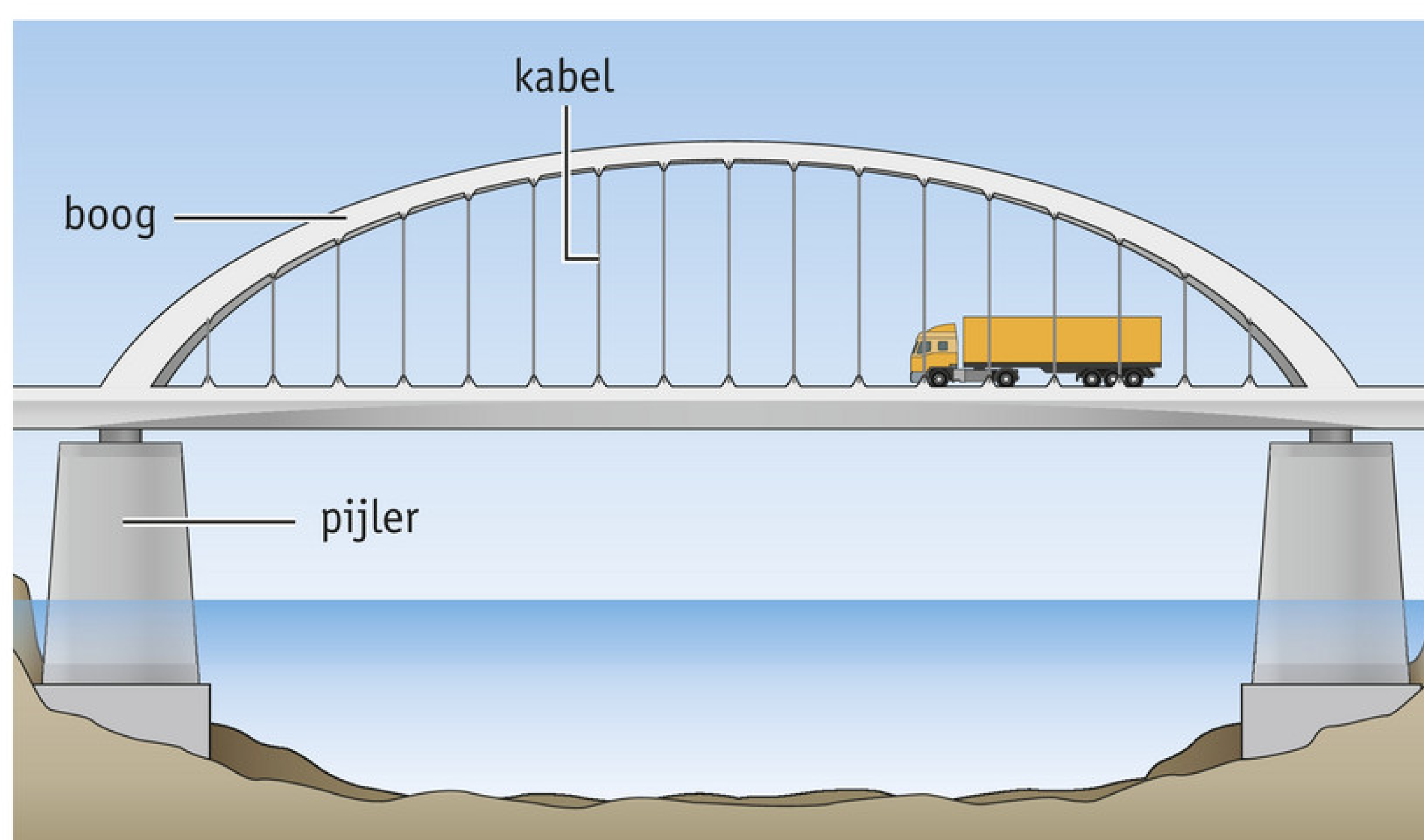
....

c Leg uit of beton een geschikt materiaal voor het brugdek is.

....

....

....



afbeelding 9 Een boogbrug.

7 De giek van een torenkraan (de horizontale arm waar de last aan hangt) is opgebouwd uit metalen buizen die onderling door stangen zijn verbonden. Deze constructie maakt de giek geschikt voor de grote trek- en drukkrachten die erin kunnen optreden (afbeelding 10).

a Welke bewering is waar?

- ○ A Zowel in buis 1 als in buis 2 werken drukkrachten.
- ○ B In buis 1 werken drukkrachten, in buis 2 trekkrachten.
- ○ C In buis 1 werken trekkrachten, in buis 2 drukkrachten.
- ○ D Zowel in buis 1 als in buis 2 werken trekkrachten.

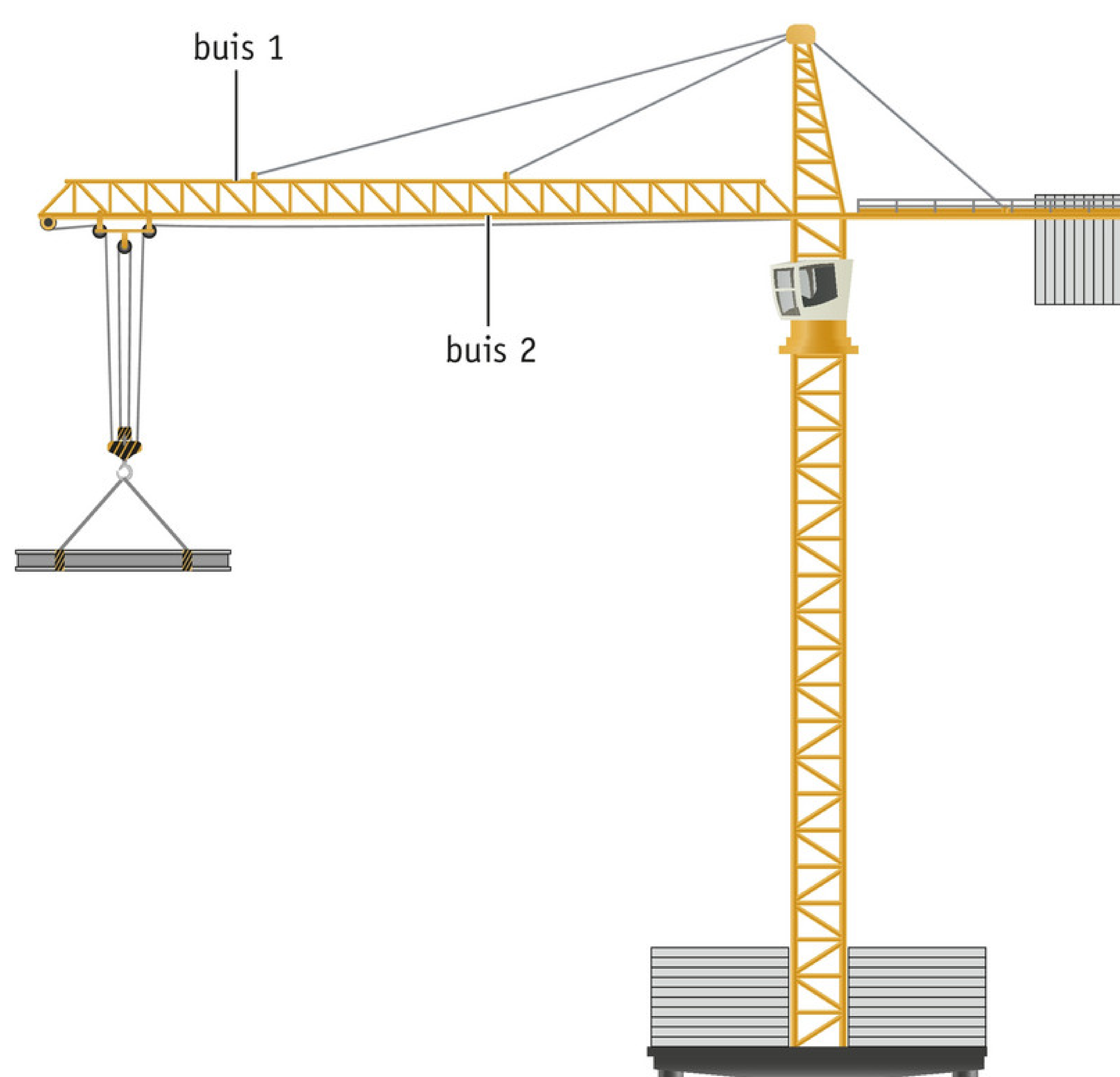
b De stangen die de buizen aan elkaar verbinden vormen driehoeken. Waarom heeft de ontwerper van de kraan voor deze vorm gekozen?

....

....

....

....



afbeelding 10 Een torenkraan.

8 In veel grote fabriekshallen rust het dak op een constructie van stalen balken met een *I*-profiel (afbeelding 11). Leg uit waarom *I*-profielbalken worden gebruikt in plaats van massieve balken.

....

....



afbeelding 11 Stalen balken met een I-profiel.

9 In afbeelding 12 zie je hoe een atlete een sprong maakt bij het polsstokhoogspringen. Het materiaal waarvan haar polsstok is gemaakt, moet aan hoge eisen voldoen.



afbeelding 12 Een polsstok is niet zomaar een stok.

a Noteer vier van die eisen. Bedenk de eisen zelf.

....

....

....

....

....

....

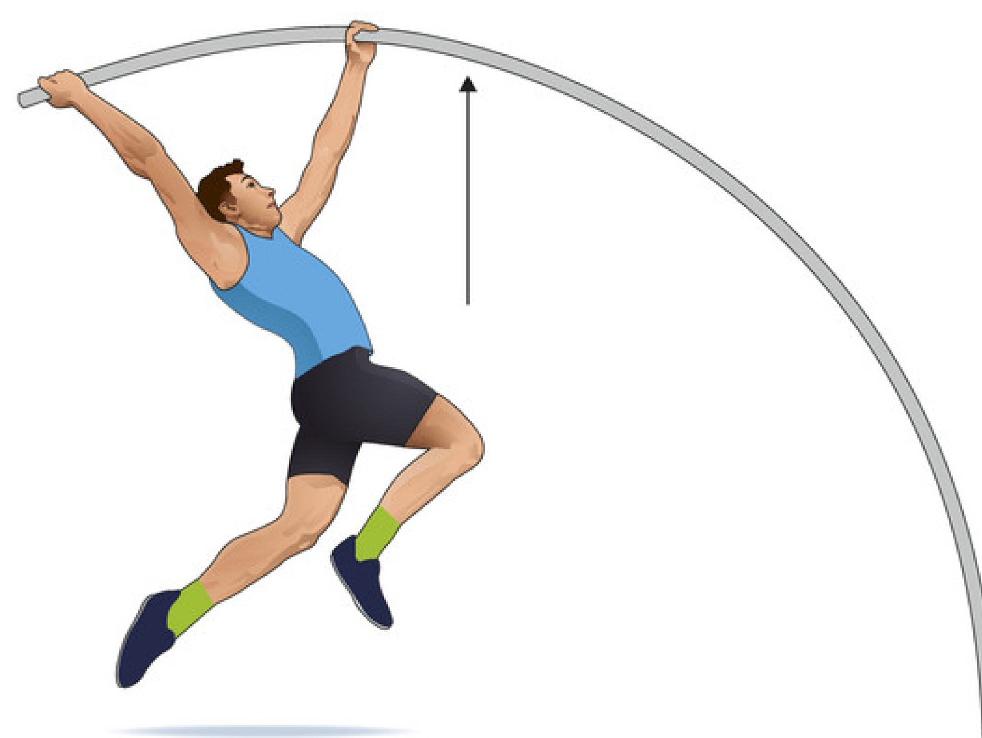
b In afbeelding 13 zie je dat een polsstok niet altijd bestand is tegen de krachten die erop werken. Tijdens de sprong breekt de polsstok doormidden. In afbeelding 14 zie je de situatie van de polsstok net voordat de polsstok breekt. Onderzoek toont aan dat de breuk begon bij de pijl.
Leg uit tegen welke soort kracht de polsstok niet genoeg bestand was.

....

....



afbeelding 13 Een polsstok is niet altijd bestand tegen de krachten die erop werken.



afbeelding 14 De situatie van de polsstok vlak voordat hij brak.

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Krachten samenstellen

LEERDOELEN

10.3.1 Je kunt situaties beschrijven waarin twee krachten elkaar opheffen.
10.3.2 Je kunt de resultante berekenen als twee (of meer) krachten in dezelfde richting werken.
10.3.3 Je kunt de resultante berekenen als twee krachten in tegenovergestelde richting werken.
10.3.4 Je kunt twee krachten samenstellen door een nauwkeurige tekening op schaal te maken.
10.3.5 Je kunt de grootte van getekende krachten bepalen met behulp van een krachtenschaal.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	10.3.1	10.3.2	10.3.3	10.3.4	10.3.5	10.1.2*	10.1.5*	10.2.1*
Onthouden		1ab	1c	2abcde				
Begrijpen	3a	4a			7b, 8a, 9c			
Toepassen	5ab		4bc, 6	7a, 8b, 9b	8c	9a	3b	9d
Analyseren				8d				

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

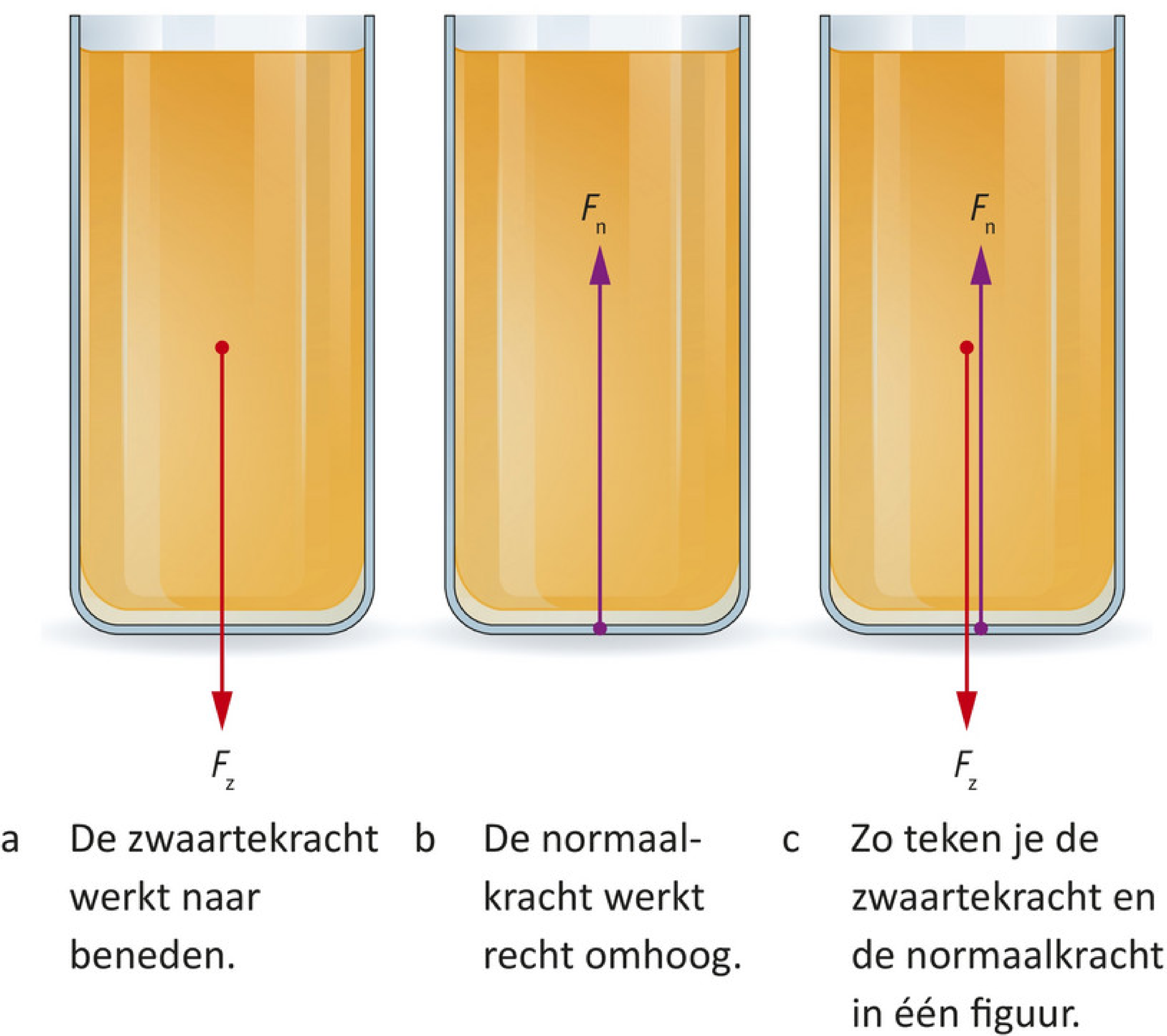
Twee sleepboten hebben een kabel vastgemaakt aan een vrachtschip en beginnen te trekken. De ene sleepboot vaart naar het noorden, de andere naar het oosten. In welke richting zal het vrachtschip gaan bewegen?

DE RESULTANTE

Als je een glas vruchtensap vasthoudt, voel je de zwaartekracht aan het glas trekken. Dat het glas niet naar beneden valt, komt doordat je hand een even grote kracht omhoog uitoefent. De twee krachten heffen elkaar op. Daardoor blijft het glas waar het is.

Het glas valt ook niet naar beneden, als je het op tafel zet. Deze keer is het de tafel die een kracht op het glas uitoefent. Deze normaalkracht is precies even groot als de zwaartekracht, maar is omhooggericht. Voor de duidelijkheid teken je beide krachten vlak naast elkaar, al liggen ze in werkelijkheid op één lijn (afbeelding 1).

afbeelding 1 Zwaartekracht en normaalkracht.



a De zwaartekracht werkt naar beneden.
b De normaalkracht werkt recht omhoog.
c Zo teken je de zwaartekracht en de normaalkracht in één figuur.

Doordat de twee krachten even groot en tegengesteld gericht zijn, heffen ze elkaar op. Daardoor werkt er in totaal geen kracht op het glas. Je kunt ook zeggen: de **nettokracht** op het glas is 0 N. De nettokracht wordt ook wel de **resulterende kracht** of **resultante** (F_{res}) genoemd.

Als je de tafel onder het glas weghaalt, verdwijnt de normaalkracht. Alleen de zwaartekracht blijft dan over. De resultante is dan niet meer 0 N en dat merk je: het glas valt.

DE RESULTANTE BEREKENEN

Meestal werken er verschillende krachten op een voorwerp, in verschillende richtingen. In zo'n situatie kijk je naar de resultante van alle krachten samen. Die bepaalt of het voorwerp gaat bewegen, en zo ja, in welke richting. Het heeft geen zin om te vragen naar het effect van elke kracht apart.

In afbeelding 2a zie je twee krachten die in dezelfde richting werken. De resultante werkt dan ook in deze richting. In dit geval kun je de grootte van de resultante F_{res} berekenen met:

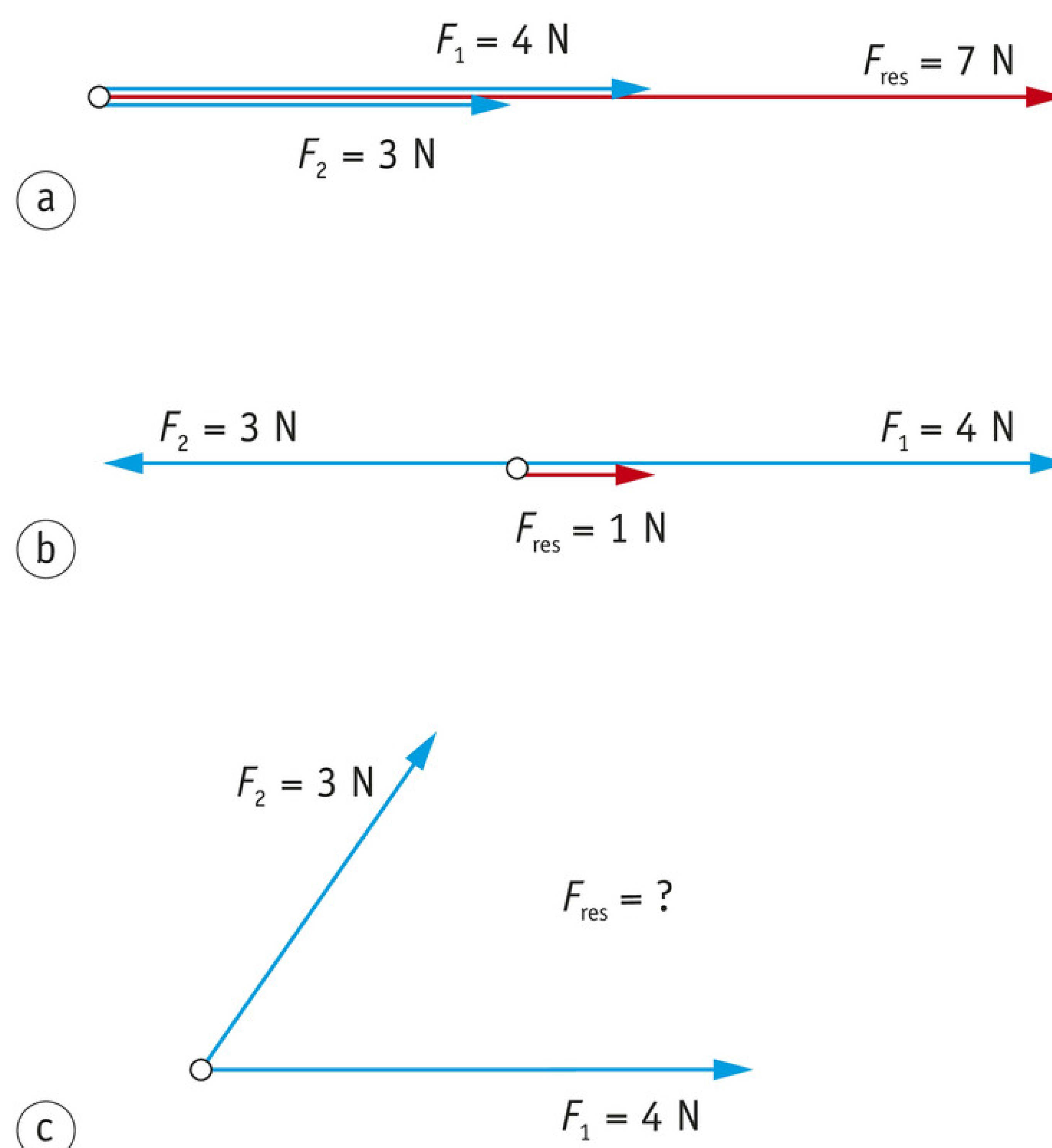
$$F_{res} = F_1 + F_2$$

In afbeelding 2b zie je twee krachten die in tegenovergestelde richting werken. De resultante werkt dan in de richting van de grootste kracht. In dit geval kun je de grootte van de resultante F_{res} berekenen met:

$$F_{res} = F_1 - F_2$$

In afbeelding 2c zie je twee krachten die in verschillende richtingen werken. In dat geval is er geen eenvoudige manier om de resultante te berekenen. Dat komt doordat krachten vectoren zijn. Niet alleen hun grootte is belangrijk, maar ook hun richting.

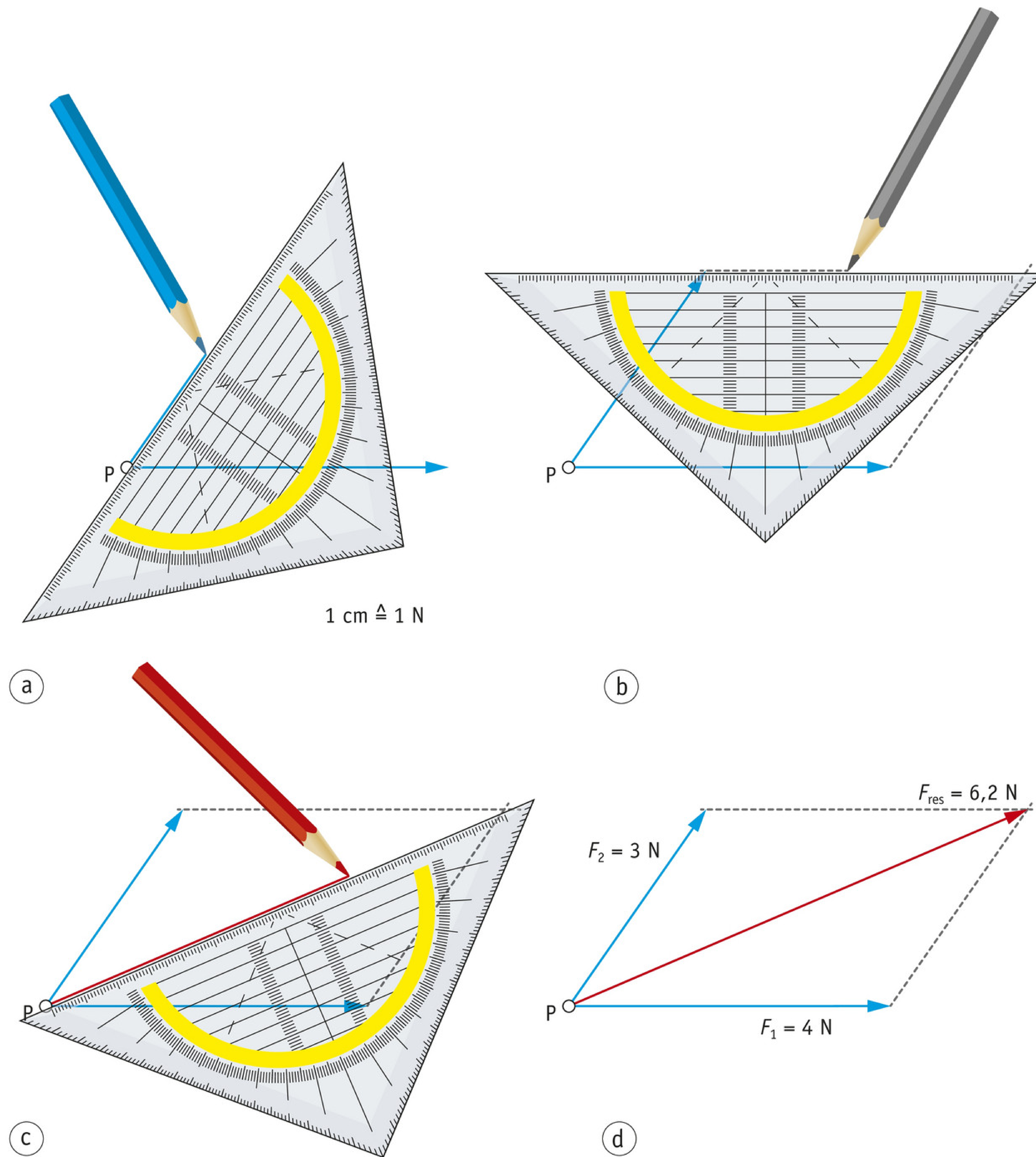
afbeelding 2 Hoe groot is de resultante?



TWEE KRACHTEN SAMENSTELLEN

Om in afbeelding 2c de resultante te vinden, moet je de krachten F_1 en F_2 **samenstellen**. Dat doe je door een nauwkeurige tekening op schaal te maken. Dat gaat zoals in afbeelding 3 is beschreven.

afbeelding 3 Zo construeer je de resultante van twee krachten.



a Kies een geschikte krachtenschaal. Teken de krachten op deze schaal, onder de juiste hoek.
b Je kunt de twee pijlen zien als de twee zijden van een parallellogram. Maak dit parallellogram af.
c Teken een pijl van het beginpunt P naar het tegenoverliggende hoekpunt. Deze pijl geeft de richting aan van de resultante.
d Meet de lengte van deze pijl. Met behulp van de krachtenschaal kun je nu de grootte van de resultante berekenen.

Het samenstellen van krachten heet ook wel het **construeren** van de resultante. In opdrachten wordt soms gevraagd om de resultante met een constructie te bepalen. Dat komt op hetzelfde neer.

VOORBEELDOPDRACHT 1

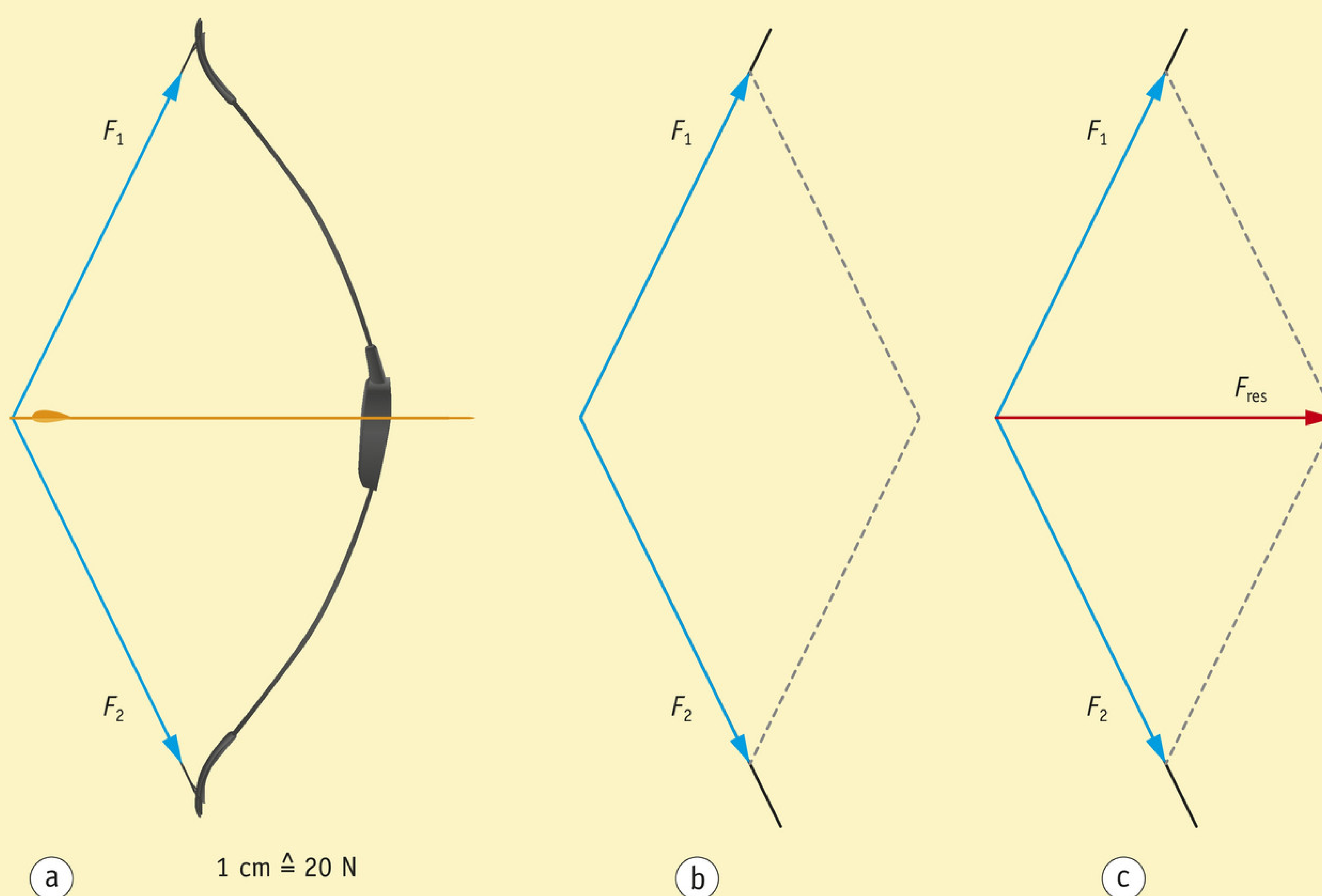
In afbeelding 4 zie je een boogschutter. Als hij zijn boog spant, ontstaan er grote spankrachten in de boogpees (afbeelding 5a).
Bepaal met een constructie de grootte en de richting van de resultante.

Uitwerking
Maak het parallellogram af zoals in afbeelding 5b is getekend. Teken daarna de resultante (afbeelding 5c). Je ziet dat de resultante recht naar voren is gericht. In die richting zal de pijl dus gaan bewegen.
De lengte van F_{res} is 3,3 cm (meet maar na). De grootte van F_{res} is dus 3,3 × 20 = 66 N.



afbeelding 4 Een boogschutter.

afbeelding 5 De resultante construeren.




Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Als je twee krachten samenstelt, krijg je één resulterende kracht F_{res}.

a Hoe heet die resulterende kracht ook wel? Er zijn twee mogelijkheden.

....

b In welk speciaal geval is F_{res} gelijk aan $F_1 + F_2$?

....

....

c In welk speciaal geval is F_{res} gelijk aan $F_1 - F_2$?

....

....

2 Meestal werken er verschillende krachten op een voorwerp.

a Als krachten in verschillende .... werken, is er geen eenvoudige manier om de resultante te berekenen.

b Dat komt doordat krachten .... zijn: niet alleen hun grootte is belangrijk, maar ook hun ....

c Om de resulterende kracht van twee krachten te vinden, moet je de krachten ....

d Dat doe je door een nauwkeurige .... op schaal te maken.

e Het samenstellen van krachten wordt ook wel het .... van de resultante genoemd.

TOEPASSING

3 Een vaas met een massa van 500 g staat op tafel.

a Welke twee krachten werken er op de vaas?

....

b Bereken de grootte van deze twee krachten.

....

....

....

....

....

4 Twee ploegen van elk vijf mensen zijn tegen elkaar aan het touwtrekken.

a Voor de kracht die de vijf leden van één ploeg op het touw uitoefenen, geldt:
$F_{res} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$
Waarom mag je in dit geval de krachten zo bij elkaar optellen?

....

....

....

b Noem de resultante van de ene ploeg F_A en van de andere ploeg F_B.
Wat kun je zeggen over de resultante van alle krachten op het touw?

○ A $F_{res} = F_A + F_B$
○ B $F_{res} = F_A - F_B$
○ C $F_{res} = F_A = F_B$

c Leg uit hoe je aan je antwoord bij opdracht b bent gekomen.

....

....

....

5  Bekijk de vijf situaties die in afbeelding 6 zijn getekend. In iedere situatie zijn er twee krachten die elkaar in evenwicht houden.

a In afbeelding 6a zijn de beide krachten al getekend.
Doe dat ook in de afbeeldingen 6b tot en met 6e. Maak elke pijl 2,5 cm lang.

b In afbeelding 6a maakt de opwaartse kracht van het water evenwicht met de zwaartekracht op het schip.
Noteer welke twee krachten evenwicht maken in de situaties b tot en met e.

....

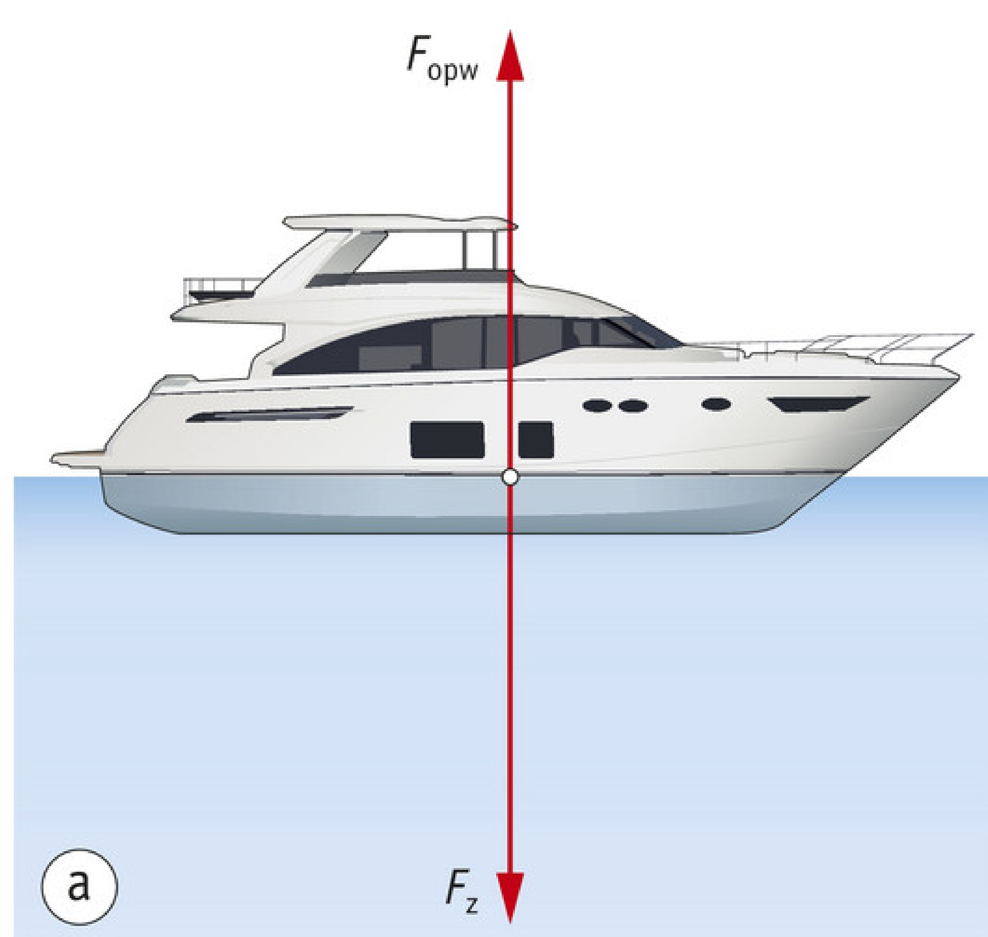
....

....

....

....

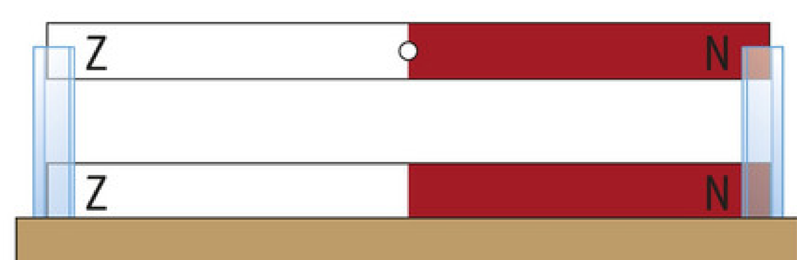
afbeelding 6 Welke krachten maken hier evenwicht?











e

★ 6

Afra is op het strand met een bal aan het spelen. Ze loopt een stukje de zee in en duwt de bal een eindje onder water. Er werken dan drie krachten op de bal:

- de zwaartekracht waarmee de aarde aan de bal trekt;
- de spierkracht waarmee Afra de bal naar beneden duwt;
- een opwaartse kracht die het water op de bal uitoefent.

Afra houdt de bal onder water goed vast, zodat hij niet kan bewegen.
Leg uit welke van de drie genoemde krachten dan het grootst is. Schrijf de hele redenering op.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

7

In afbeelding 7 zie je telkens twee krachten die in hetzelfde punt aangrijpen. De krachtenschaal staat bij de tekeningen vermeld.

a Teken in elk van de vijf tekeningen de resultante F_{res} van F_1 en F_2.

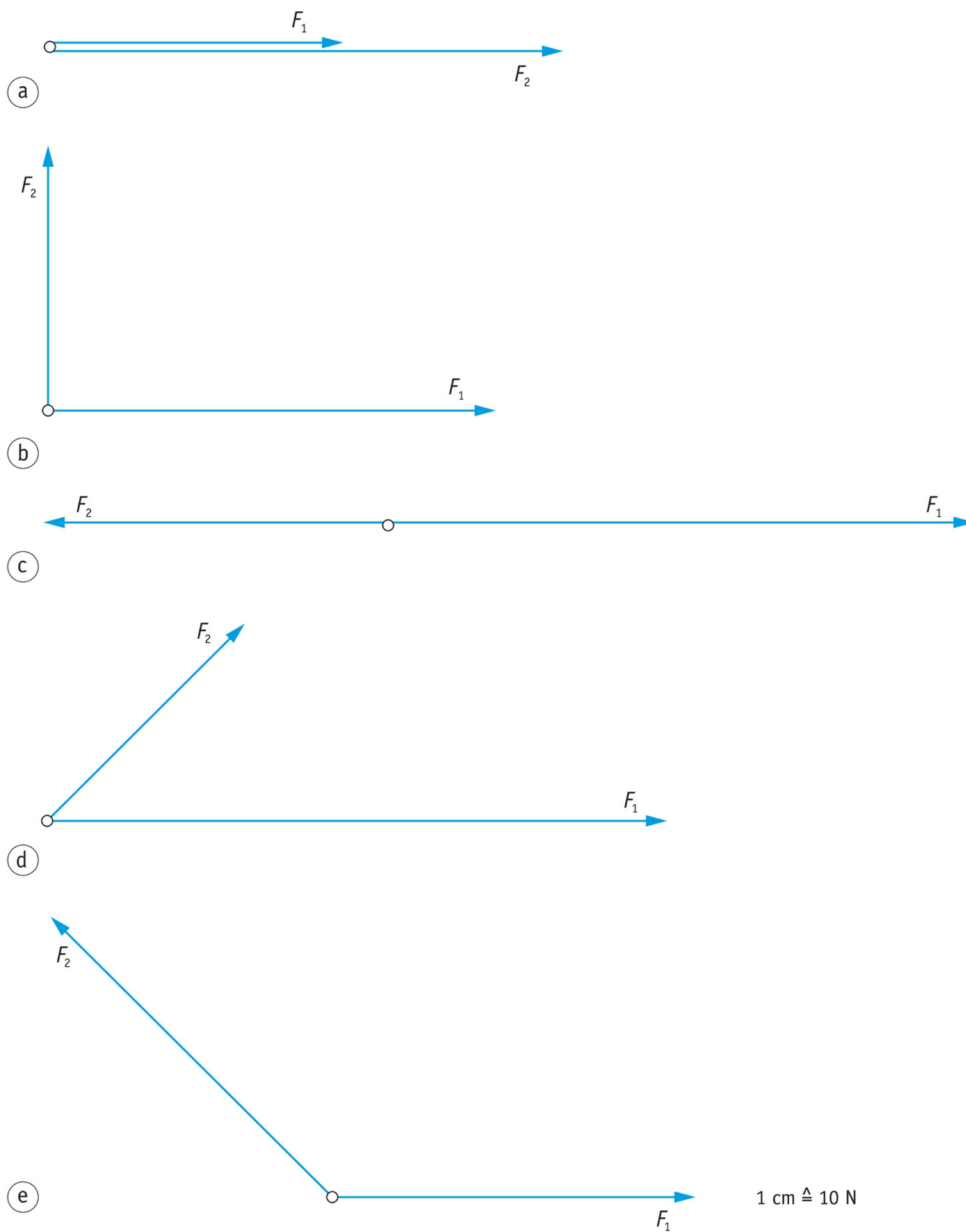
b Vul in tabel 1 in:

- hoe lang de pijl van elke resultante is;
- hoe groot de resultante is volgens de krachtenschaal.

tabel 1 Vijf keer de resultante.

tekening	lengte pijl F_{res} (cm)	grootte kracht F_{res} (N)
a		
b		
c		
d		
e		

afbeelding 7 Vijf keer krachten samenstellen.



8  Twee sleepboten trekken een schip de haven in (afbeelding 8). Op een gegeven moment maken de sleepkabels een hoek α met elkaar van 90°. In afbeelding 9 is deze situatie van bovenaf getekend. De sleepboten oefenen allebei een trekkracht uit van 94 kN.



afbeelding 8 Twee sleepboten trekken een schip de haven in.

a Bepaal de krachtenschaal die bij het tekenen van de krachten is gebruikt.

....

....

....

....

....

b Teken de resultante van de twee trekkrachten in afbeelding 9.

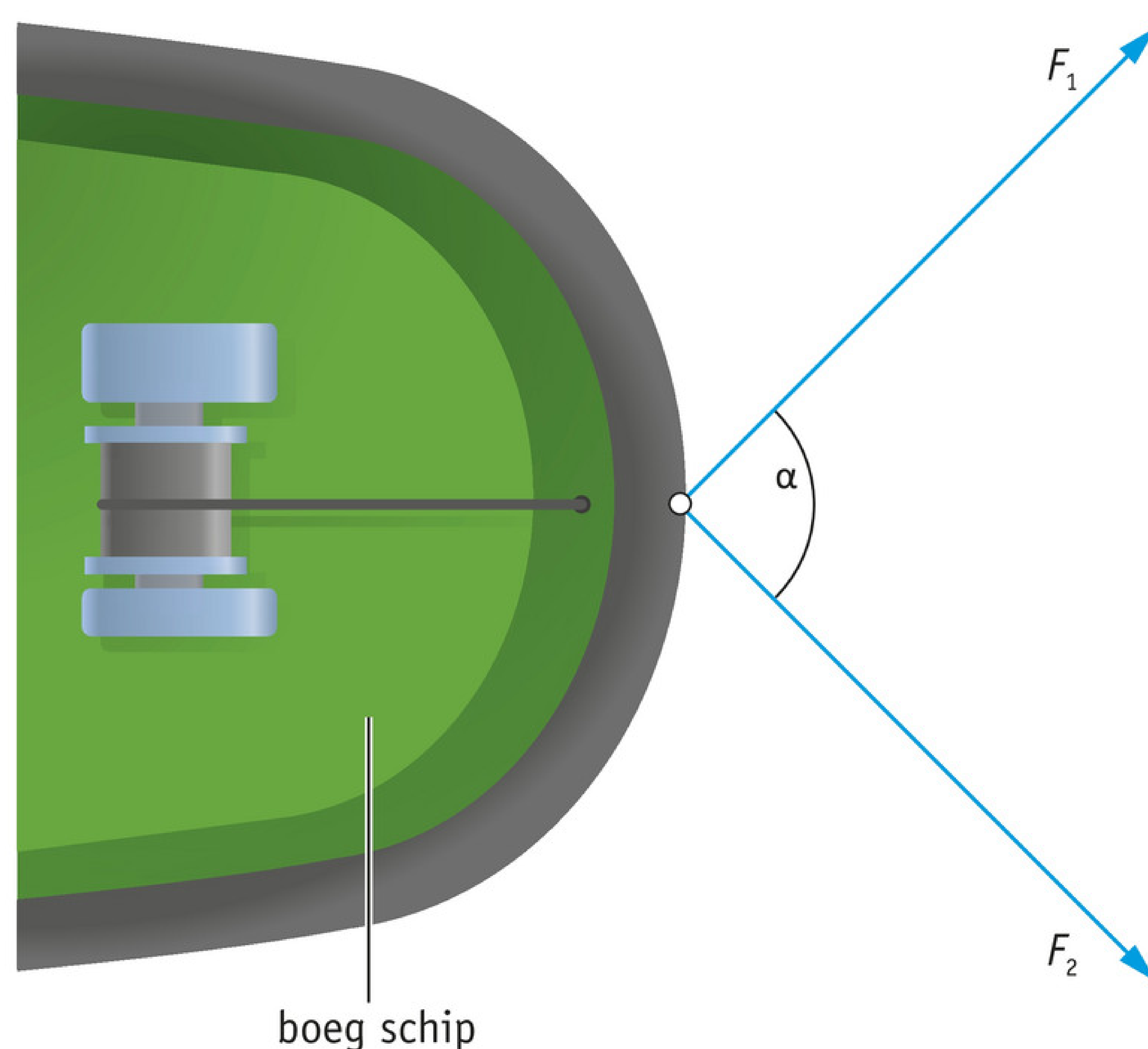
c Bepaal de grootte van de resultante die op het schip wordt uitgeoefend.

....

....

d In de haven, waar minder ruimte is, varen de sleepboten dichter bij elkaar. De hoek α tussen de sleepkabels verandert daardoor van 90° naar 60°. De sleepboten blijven even hard trekken, de trekkracht op de sleepkabels verandert niet.
Verandert de resultante als de hoek α kleiner wordt?

- ○ A Ja, de resultante wordt in dat geval groter.
- ○ B Ja, de resultante wordt in dat geval kleiner.
- ○ C Nee, de resultante verandert daardoor niet.
- ○ D Onbekend, daarvoor heb je te weinig gegevens.



afbeelding 9 Hoe groot is de resultante op het schip?

★ **9**  Een zendmast voor mobiele telefonie is vastgezet met verschillende staalkabels (afbeelding 10). In afbeelding 11 zijn twee van die kabels op schaal getekend. Elke kabel oefent een spankracht van 8,5 kN uit op de mast.

a Teken de krachten F_1 en F_2 die de kabels uitoefenen op de mast. Neem als krachtenschaal 1 cm ≙ 2 kN.

b Teken de resultante van de twee krachten in afbeelding 11.

c Bepaal de grootte van de resultante met de krachtenschaal.

....

....

....

d Hoe belast de resultante de mast: op trek of op druk? Licht je antwoord toe.

....

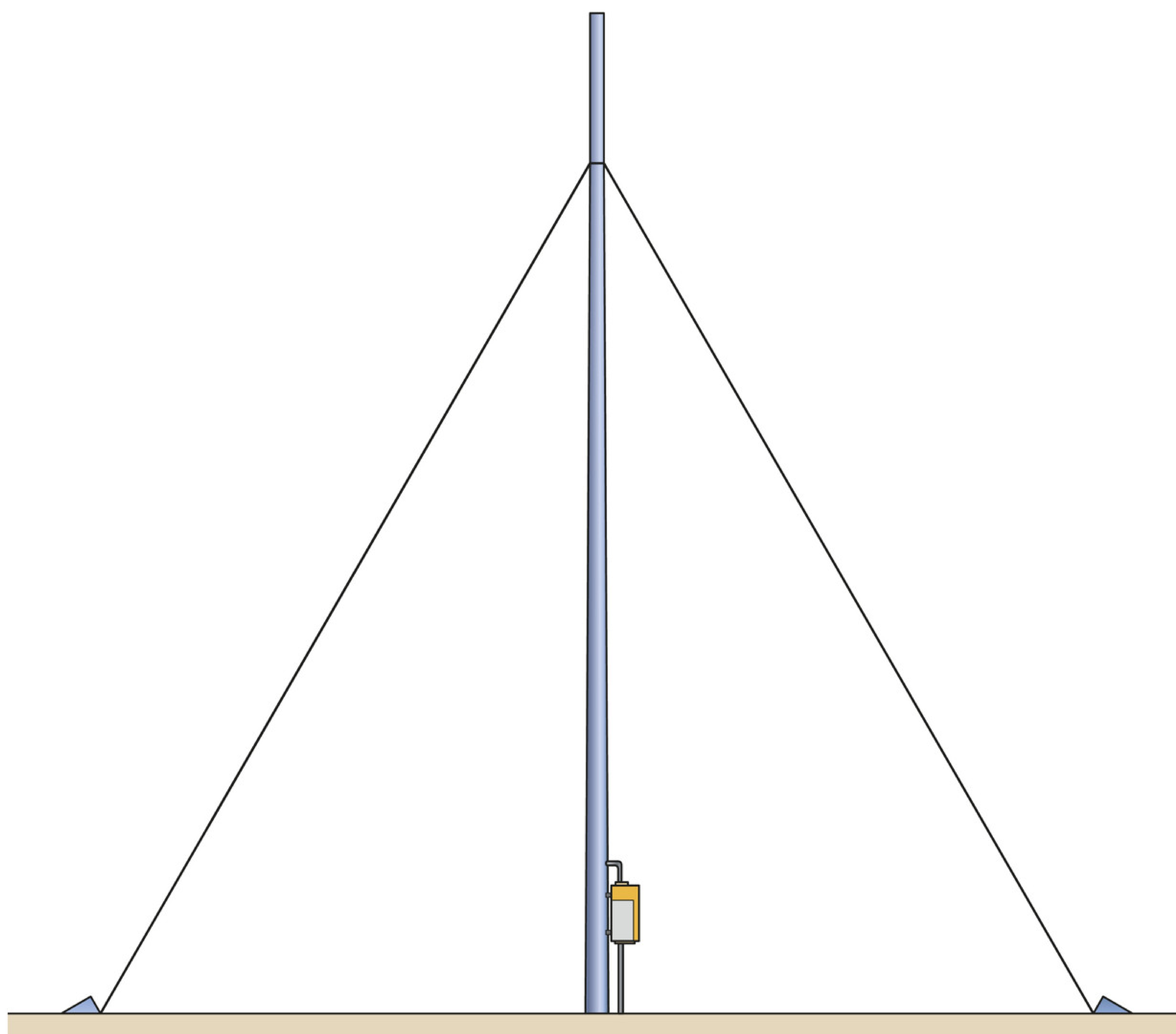
....

....

....



afbeelding 10 Een zendmast is vastgezet met verschillende kabels.



afbeelding 11 Hoe groot is de resulterende kracht op de mast?

 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

4 Krachten ontbinden

LEERDOELEN

10.4.1 Je kunt beschrijven welke krachten werken op een voorwerp dat omhoog wordt gehesen.
10.4.2 Je kunt in twee gegeven richtingen een kracht op een voorwerp ontbinden.
10.4.3 Je kunt uitleggen welke rol krachten spelen bij het ontwerpen van een constructie.
10.4.4 Je kunt richting en grootte bepalen van de krachten die op een constructie werken.
10.4.5 Je kunt aangeven of een kracht op een constructie een druk- of een trekkracht is.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	10.4.1	10.4.2	10.4.3	10.4.4	10.4.5	10.3.5*
Onthouden	1abcd		2			
Begrijpen				8cd	4c	4b, 7a, 8b
Toepassen	3a	4a, 7b			6bc	
Analyseren	3b	8a		5, 6, 7c		

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Als een koorddanser over een kabel loopt, nemen de spankrachten in de kabel toe. Wanneer zijn deze krachten het grootst: als de kabel ver doorbuigt of juist maar een heel klein beetje?

DRIE KEER EVENWICHT

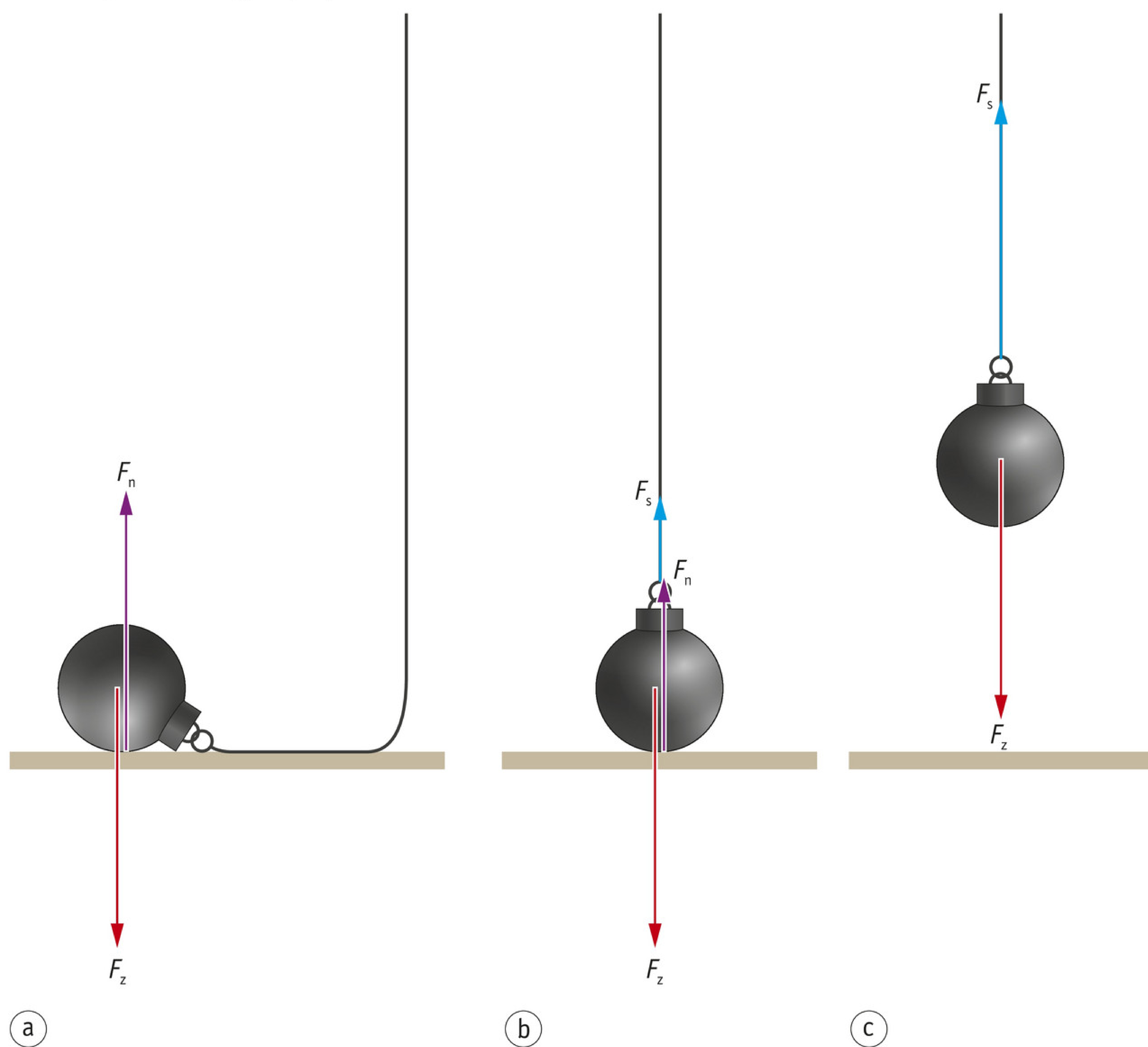
Slopers gebruiken soms een zware stalen kogel bij het slopen van een gebouw. In afbeelding 1 zie je hoe een hijskraan zo'n kogel omhooghijst.

In situatie a is de hijskabel nog niet gespannen. Er werken dan twee krachten op de kogel: de zwaartekracht naar beneden en de normaalkracht omhoog. De twee krachten maken evenwicht: de kogel ligt stil op de grond.

Als de hijskabel strak staat, begint er een spankracht op de kogel te werken. Deze spankracht neemt snel toe. Doordat de kogel minder zwaar op de grond drukt, neemt de normaalkracht tegelijk af (situatie b). Even later is de spankracht groot genoeg en komt de kogel los van de grond.

Als de kogel hoog genoeg is, stopt de kraan met hijsen. De kogel blijft nu op dezelfde hoogte hangen. Ook dan is er evenwicht: de zwaartekracht en de spankracht heffen elkaar op, zodat de resultante opnieuw 0 N is (situatie c).

afbeelding 1 Een kogel ophijsen.



DE ZWAARTEKRACHT ONTBINDEN

PROEF 3

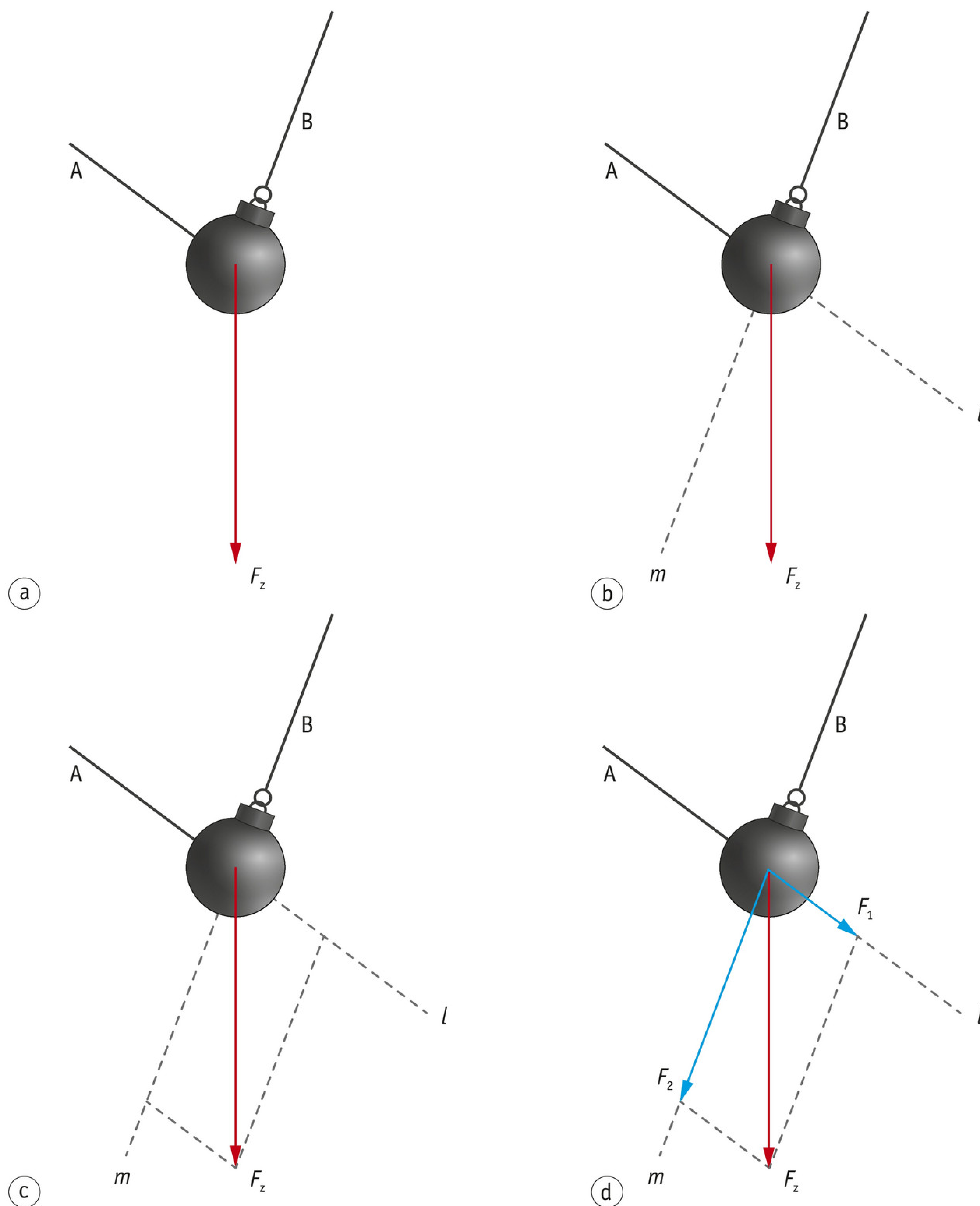
Bij het slopen wordt de kogel door een tweede kabel opzij getrokken (afbeelding 2). Als de machinist hem dan loslaat, beukt de kogel hard tegen het gebouw aan. In deze situatie heeft de zwaartekracht effect op beide kabels.



afbeelding 2 De zwaartekracht op de kogel verdeelt zich over de twee kabels.

Er komt een kracht F_1 op kabel A te staan, en een kracht F_2 op kabel B. Je kunt de grootte van F_1 en F_2 bepalen door de zwaartekracht F_z te **ontbinden**. Dat betekent dat je de zwaartekracht in gedachten vervangt door twee nieuwe krachten: een kracht op kabel A én een kracht op kabel B. In afbeelding 3 is stap voor stap getekend hoe je dat doet.

afbeelding 3 Zo ontbind je de zwaartekracht F_z in twee richtingen.



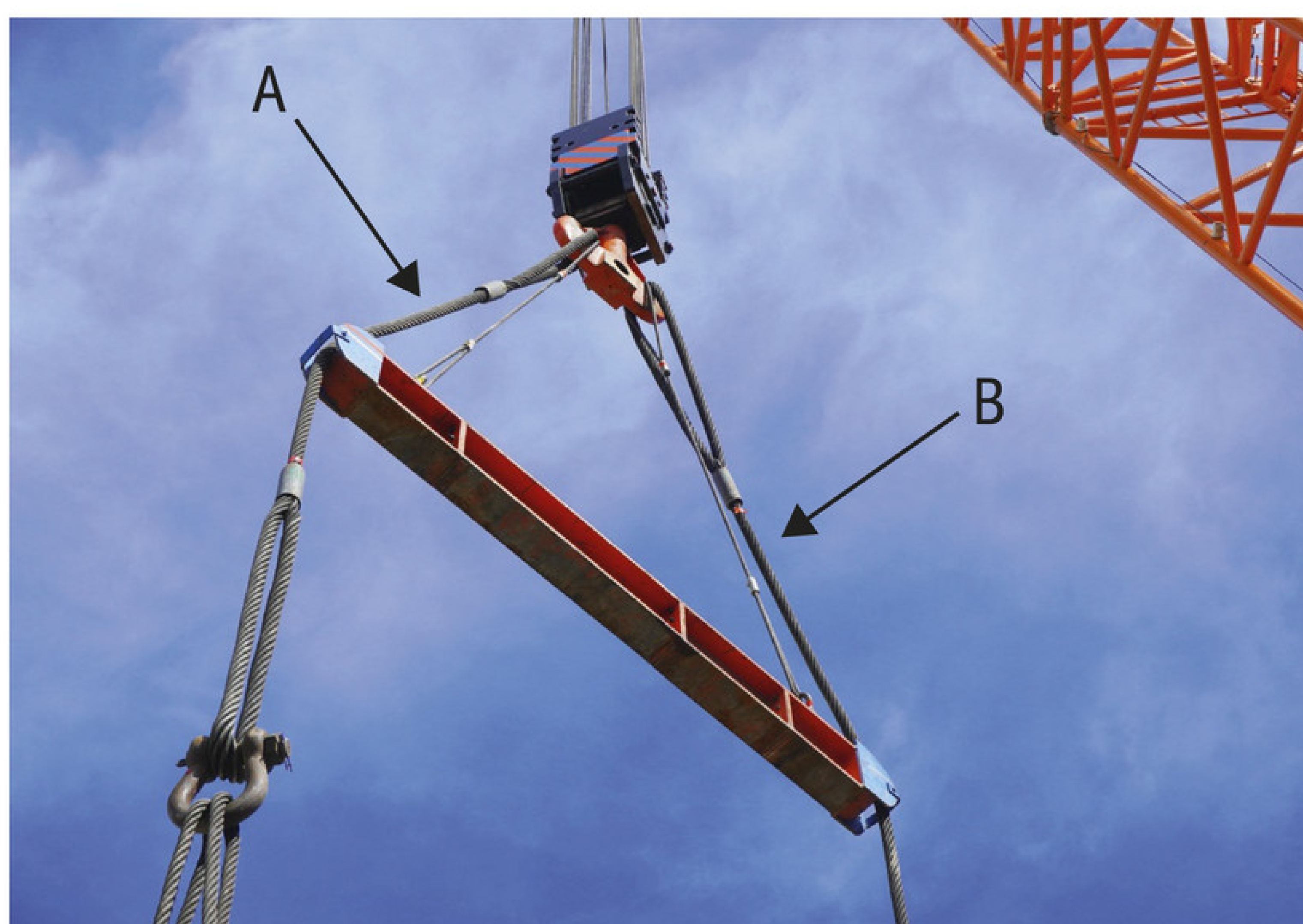
a Kies een geschikte krachtenschaal. Teken de twee kabels en de zwaartekracht F_z.
b Teken de stippellijnen *l* en *m* in het verlengde van de twee kabels.
c Maak een krachtenparallellogram, met *l* en *m* als zijden en F_z als diagonaal.
d Zet F_1 bij de kracht die op kabel A werkt en F_2 bij de kracht die op kabel B werkt.

Met behulp van de krachtenschaal kun je de grootte van F_1 en F_2 bepalen. Je merkt dan dat F_1 en F_2 samen groter zijn dan F_z. Dat heeft te maken met het feit dat krachten vectoren zijn. Daarom kun je hun groottes niet eenvoudig optellen, alsof het getallen zijn.

Doordat F_1 en F_2 aan de kabels trekken, ontstaan er in elke kabel spankrachten. De spankracht van kabel A is even groot als F_1. De spankracht van kabel B is even groot als F_2. Omdat hun richting tegengesteld is aan die van F_1 respectievelijk F_2, is de resultante gelijk aan 0 N. De kogel hangt stil.

DE HIJSKRACHT ONTBINDEN

In afbeelding 4 zie je hoe een kraan een stalen balk omhooghijst. Daarbij verdeelt de hijskracht zich over twee kabels: A en B. Er komt een kracht F_1 op kabel A te staan, en een kracht F_2 op kabel B. De kabels spannen zich dan en brengen de krachten zo over op de balk.

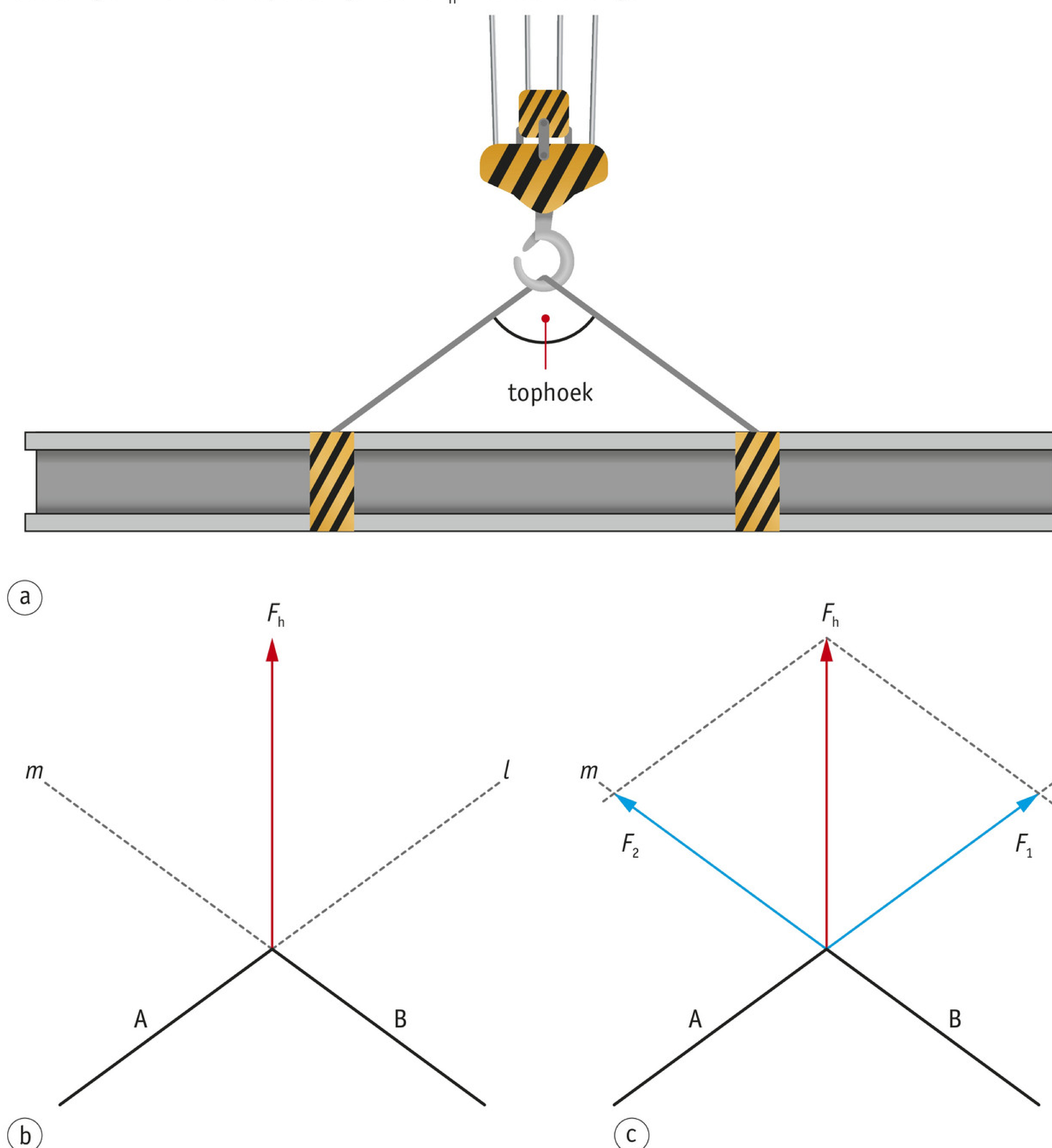


afbeelding 4 Een kraan hijst een stalen balk op met behulp van twee kabels.

Je kunt de grootte van F_1 en F_2 bepalen door de hijskracht F_h te ontbinden. Daarvoor teken je de situatie op schaal (afbeelding 5a). Omdat de hijskracht F_h naar boven werkt, teken je de stippellijnen *l* en *m* ook omhoog, in het verlengde van de kabels (afbeelding 5b). Daarna kun je het parallellogram afmaken en F_1 en F_2 tekenen (afbeelding 5c).

In afbeelding 5 is als krachtenschaal 1 cm ≙ 5 kN gebruikt. De pijlen van F_1 en F_2 zijn allebei 3,2 cm lang. Dat betekent dat beide krachten 3,2 × 5 kN = 16 kN groot zijn. Als de balk stil in de lucht hangt, is er evenwicht. De spankrachten in de kabels zijn dan ook even groot: allebei 16 kN.

afbeelding 5 Zo ontbind je de hijskracht F_h in twee richtingen.



Je kunt de tophoek tussen de kabels A en B (afbeelding 5a) verschillende waarden geven. Hoe groter je de tophoek maakt, des te groter zijn F_1 en F_2. Dat brengt een risico met zich mee. Als F_1 en F_2 te groot worden, kunnen de kabels breken. Het is daarom verstandig om de tophoek niet al te groot te maken.

KRACHTEN IN CONSTRUCTIES

Bij het ontwerpen van een constructie vraagt een ontwerper zich steeds een aantal zaken af.

- Wat voor krachten komen er op elk onderdeel te staan?
- Gaat het om drukkrachten of om trekkrachten?
- Wat weet ik over de grootte van deze krachten?
- Hoe sterk moet ik ieder onderdeel maken?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden, is het vaak nodig om de krachten op de constructie te ontbinden.

VOORBEELDOPDRACHT 1

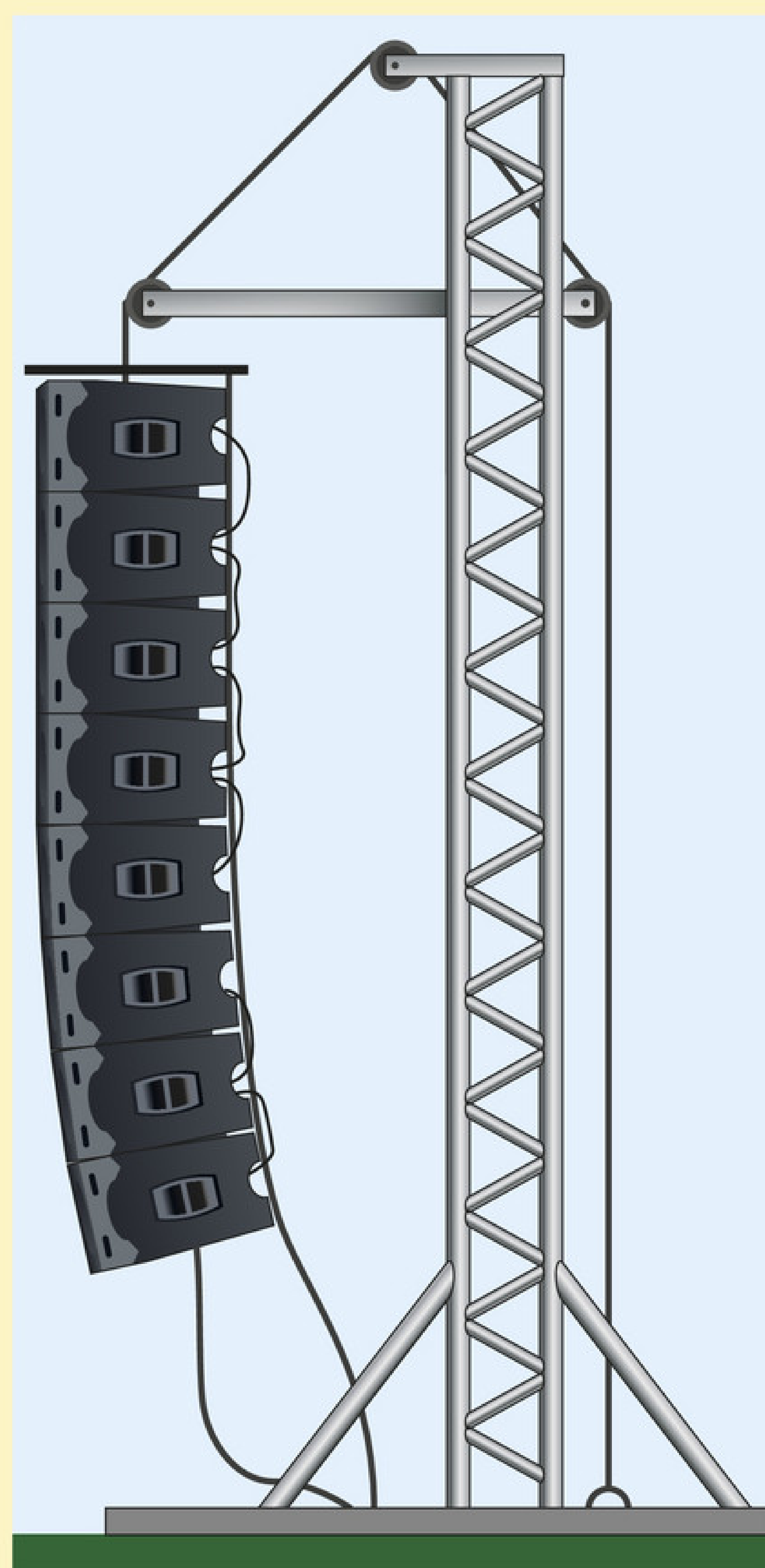
In afbeelding 6a zie je een hijsconstructie voor grote luidsprekers. Nadat de luidsprekers omhoog zijn gehesen, wordt de kabel vastgezet. In deze situatie komen er krachten te staan op een stalen balk en een kabel. Zie afbeelding 6b.

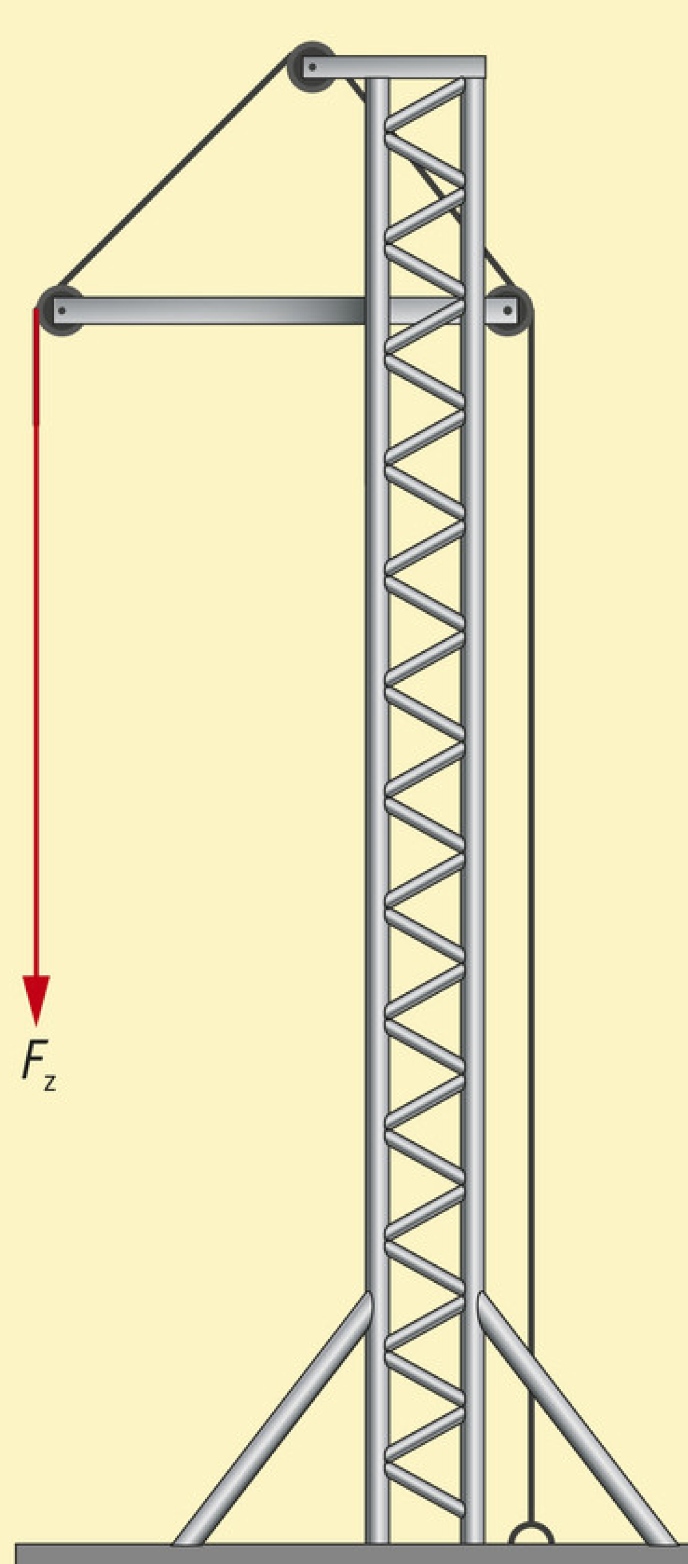
- Bepaal de grootte van de krachten op de balk en de kabel.
- Noteer bij elke kracht of het een druk- of een trekkracht is.

Uitwerking

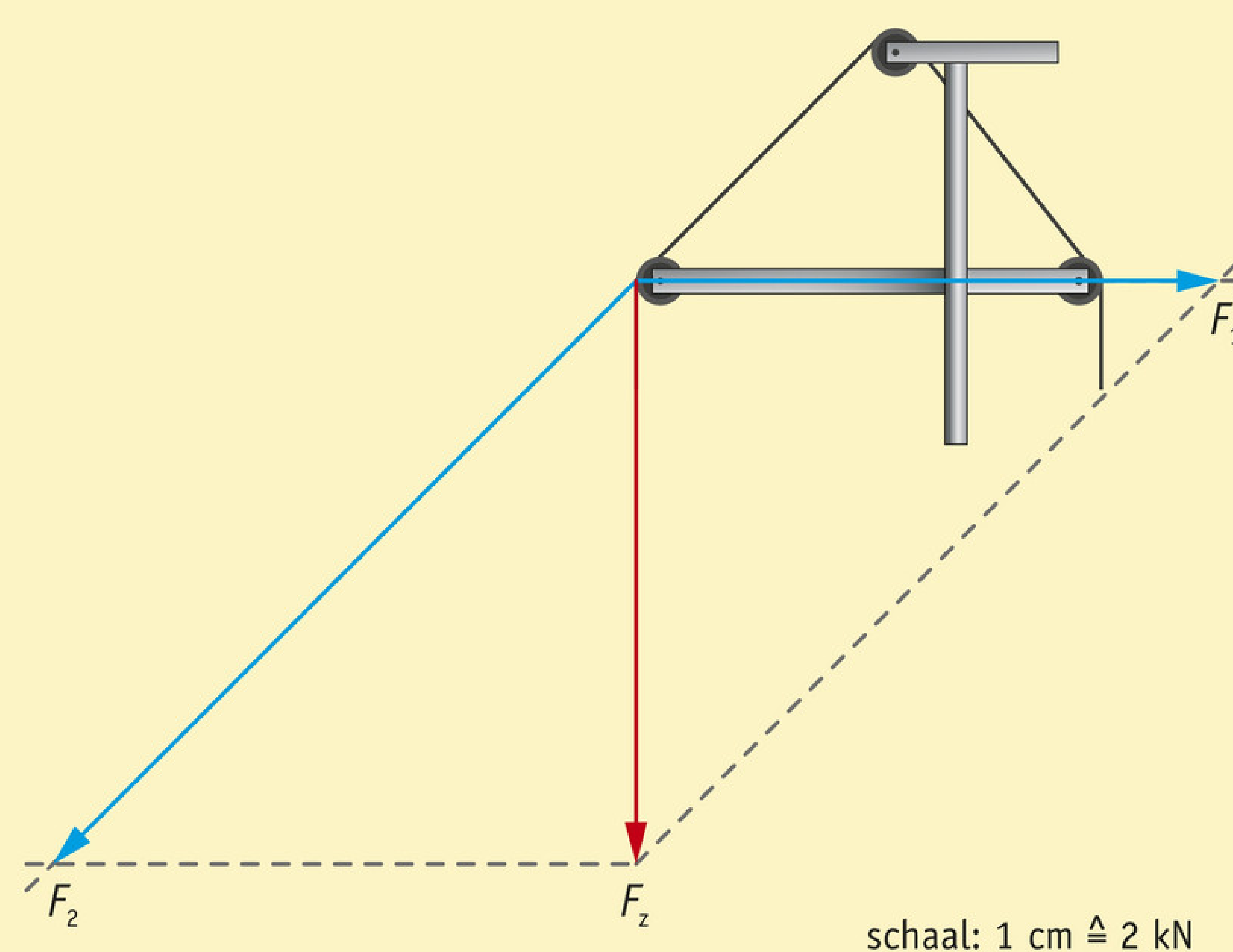
Verleng de buis en de kabel, zoals in afbeelding 7 is getekend.
Ontbind F_z in twee componenten door een parallellogram te maken.
Meet F_1: 4,0 cm. Dat betekent dat $F_1 = 4{,}0 \times 2 = 8{,}0$ kN. Dit is een drukkracht.
Meet F_2: 5,65 cm. Dat betekent dat $F_2 = 5{,}65 \times 2 = 11{,}3$ kN. Dit is een trekkracht.

afbeelding 6 Een voorbeeldopdracht over een hijsconstructie.





afbeelding 7 De uitwerking van voorbeeldopdracht 1.




Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Op een voorwerp dat met een kabel omhoog wordt gehesen, werken drie krachten: de normaalkracht (F_n), de spankracht (F_s) van de kabel en de zwaartekracht (F_z).

a De *normaalkracht* / *spankracht* / *zwaartekracht* wordt steeds groter als de hijskabel strak komt te staan.

b De *normaalkracht* / *spankracht* / *zwaartekracht* wordt steeds kleiner als de hijskabel strak komt te staan.

c Wanneer geldt: $F_z = F_n$?

....

....

d Wanneer geldt: $F_z = F_s$?

....

....

2 Bij het ontwerpen van een constructie is het vaak nodig om de krachten op de constructie te ontbinden.
Leg uit waarom dat nodig is.

....

....

....

....

....

....

TOEPASSING

3 Een liftcabine hangt stil aan een liftkabel (afbeelding 8). De massa van de (lege) liftcabine is 300 kg. De massa van de jongen is 55 kg.

a Bereken de spankracht (in kN) die de liftkabel op de liftcabine uitoefent.

....

....

....

....

....

....

....

....

....



afbeelding 8 In de lift.

b Bereken de normaalkracht die de vloer op de jongen uitoefent.

....

....

....

....

....

....

....

4  Een aap van 10,2 kg hangt aan een touw (afbeelding 9a). In afbeelding 9b is de kracht *F* getekend die de hand van de aap op het touw uitoefent.

a Ontbind in afbeelding 9b de kracht *F* in twee richtingen:
- F_1 in het verlengde van touwhelft A;
- F_2 in het verlengde van touwhelft B.

b Bepaal met de tekening hoe groot de krachten op de twee touwhelften zijn.

....

....

....

....

....

c Leg uit of er trekkrachten of drukkrachten op elke touwhelft werken.

....

....

....

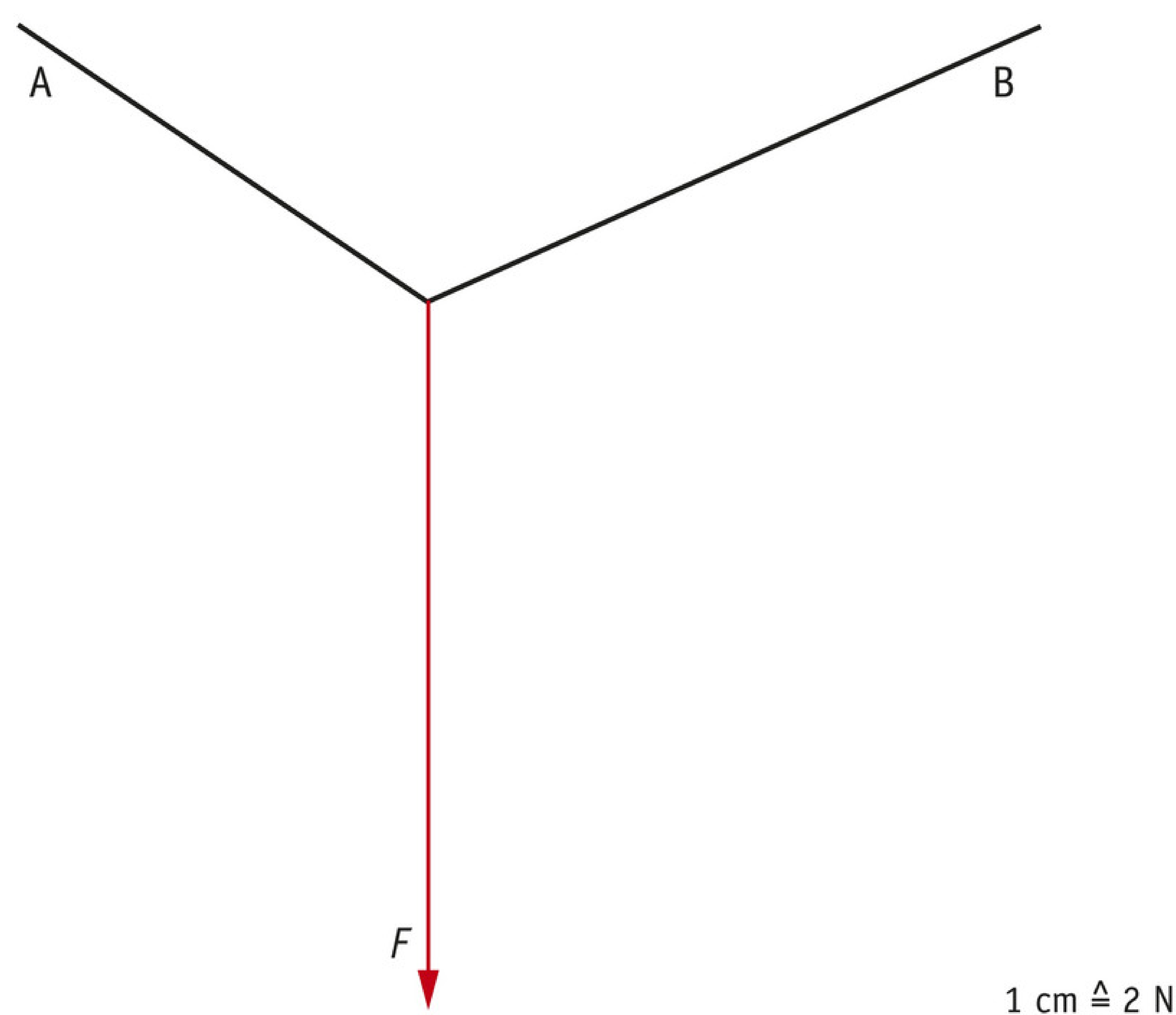
....

....

afbeelding 9 Een aap aan een touw.



ⓐ

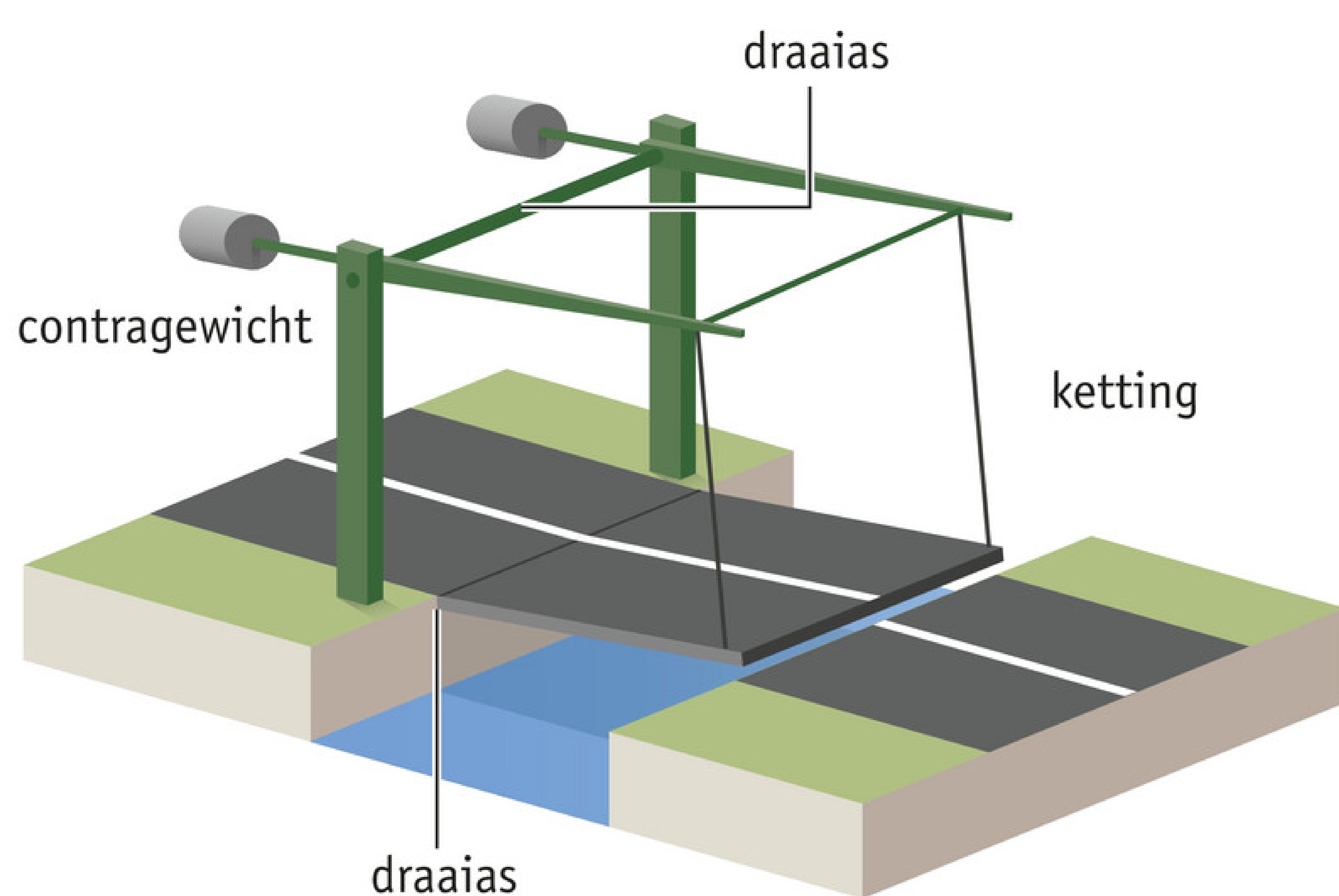


ⓑ

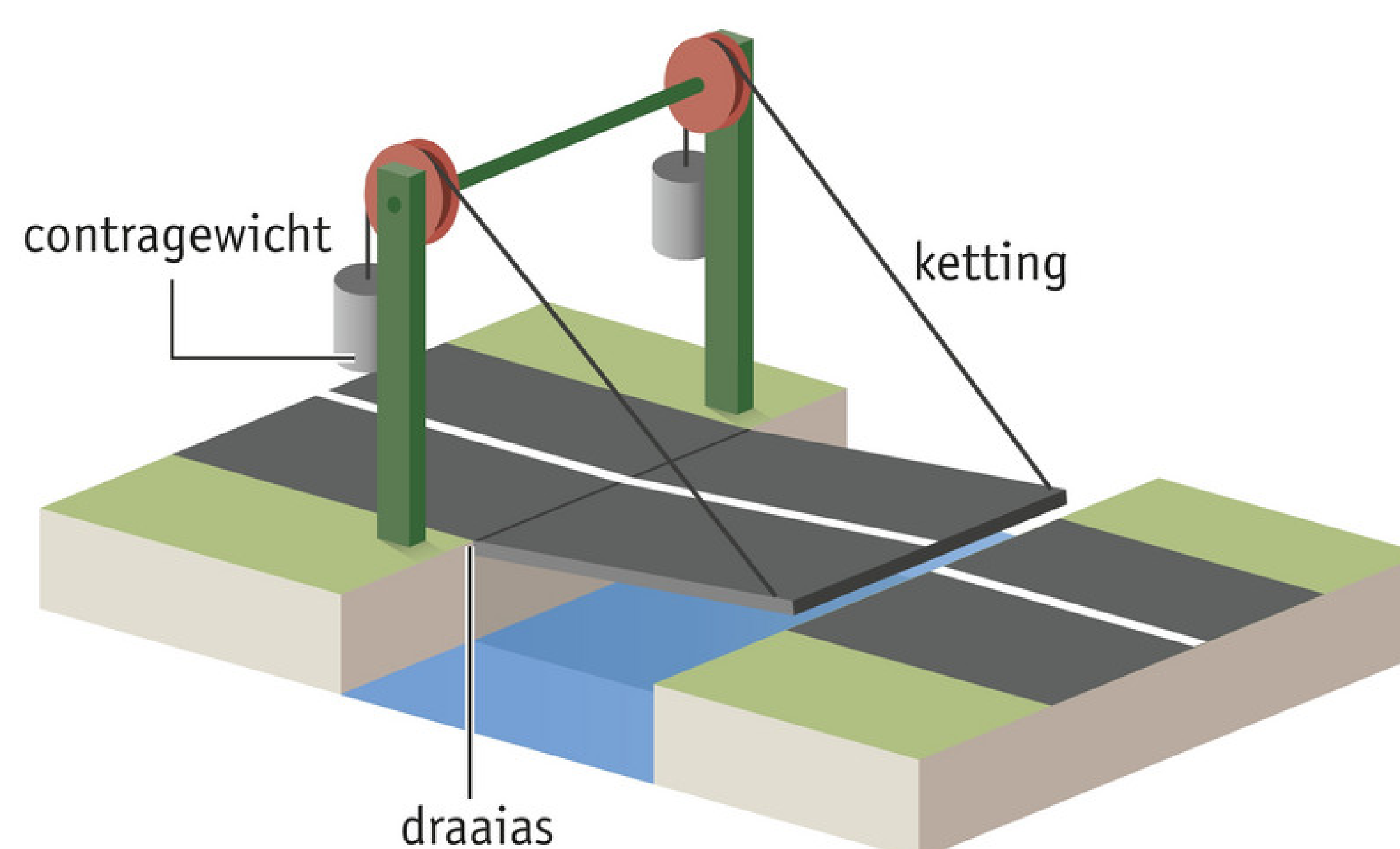
5 Ashkay bekijkt de tekeningen van twee verschillende bruggen (afbeelding 10). De massa van beide brugdekken is even groot. Het brugdek van beide bruggen is een klein eindje omhooggedraaid. Het brugdek hangt dus aan de kettingen.
Bij welke brug is de spanning in de kettingen dan het grootst?

- ○ A bij de ophaalbrug
- ○ B bij de valbrug
- ○ C Bij geen van beide: de spankracht is in beide gevallen even groot.

afbeelding 10 Een ophaalbrug (a) en een valbrug (b).



ⓐ



ⓑ

★ 6

Een lantaarn wordt opgehangen met behulp van een staaf en een ketting (afbeelding 11a). De zwaartekracht op de lantaarn is 46 N.

a In afbeelding 11b zie je een schematische tekening van de ophangconstructie. Bepaal door de zwaartekracht F_z te ontbinden:
- hoe groot de kracht F_1 op de ketting is;
- hoe groot de kracht F_2 op de staaf is.

....

....

....

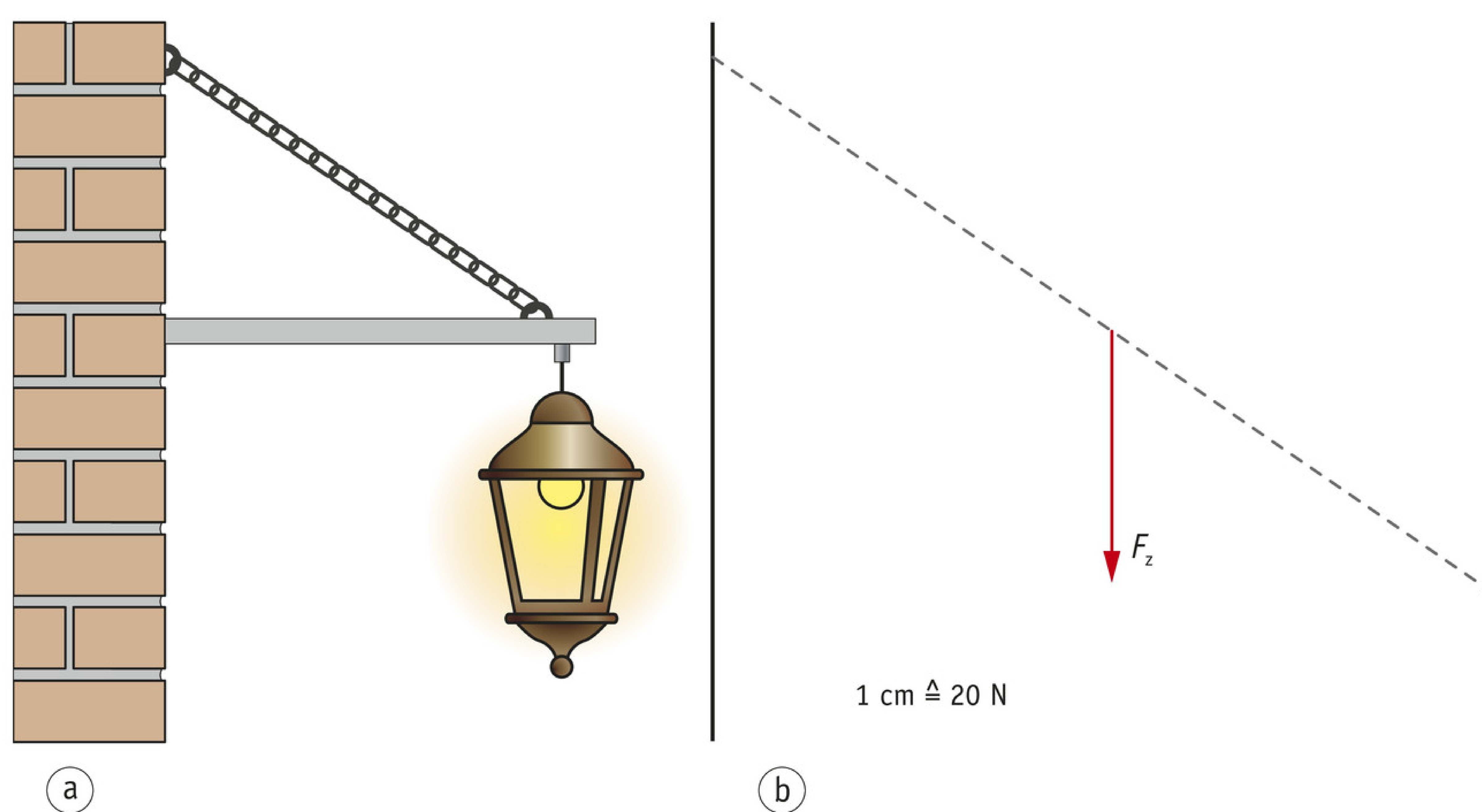
....

....

b Op de staaf werkt een *drukkracht* / *trekkracht*.

c Op de ketting werkt een *drukkracht* / *trekkracht*.

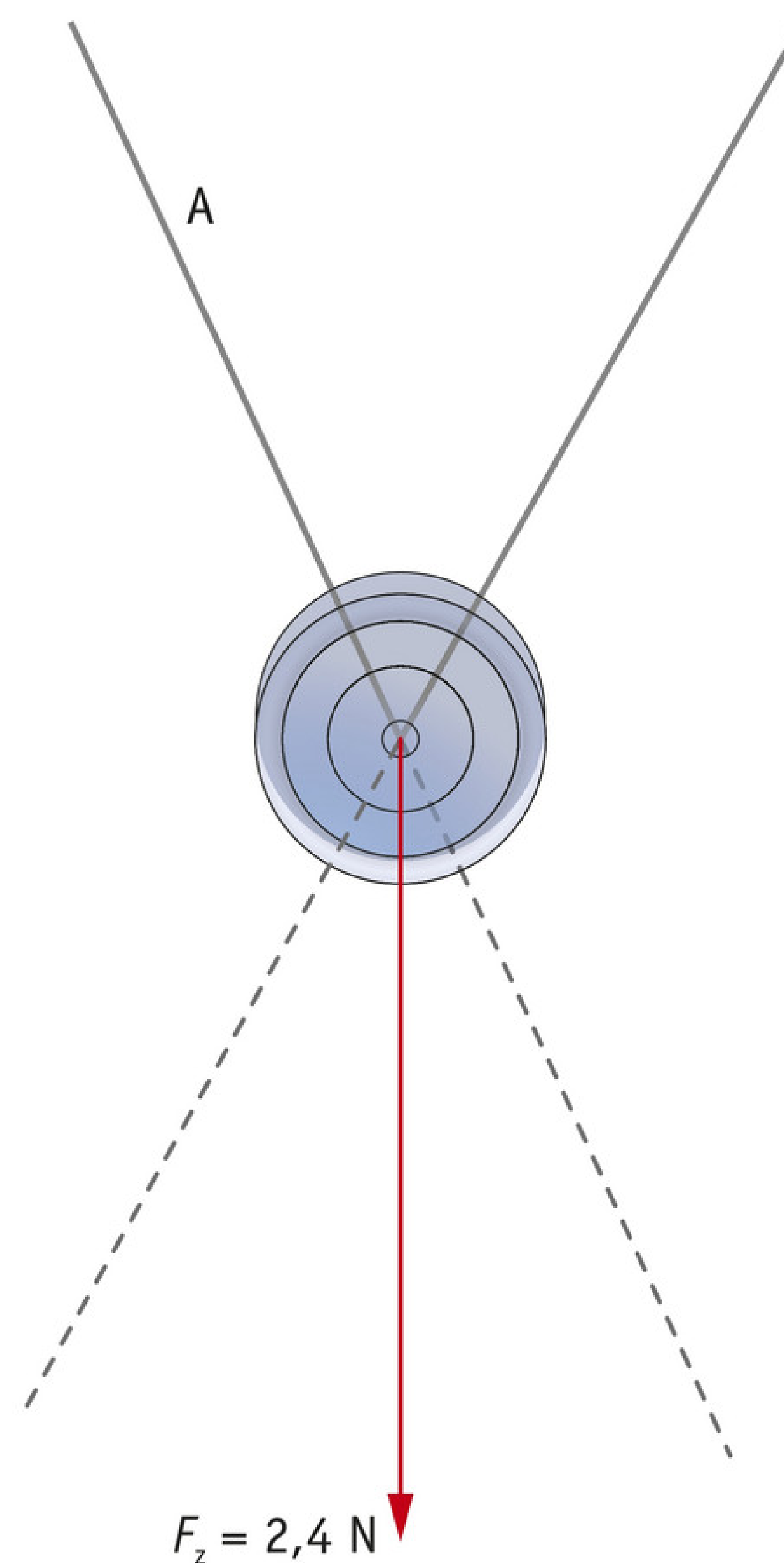
afbeelding 11 De krachten op een ophangconstructie.



7  Mervyn heeft een diabolo. Hij plaatst de diabolo op een koord aan twee stokjes. Hij brengt de diabolo met behulp van het koord in beweging en tilt hem omhoog (afbeelding 12a).

afbeelding 12 Mervyn en zijn diabolo.





ⓐ ⓑ

a In afbeelding 12b zie je de situatie waarbij de diabolo in het koord hangt.
Toon met een berekening aan dat de krachtenschaal 1,0 cm ≙ 0,5 N is.

....

....

....

....

....

b Bepaal in afbeelding 12b met een constructie de kracht van de diabolo op koord A.

....

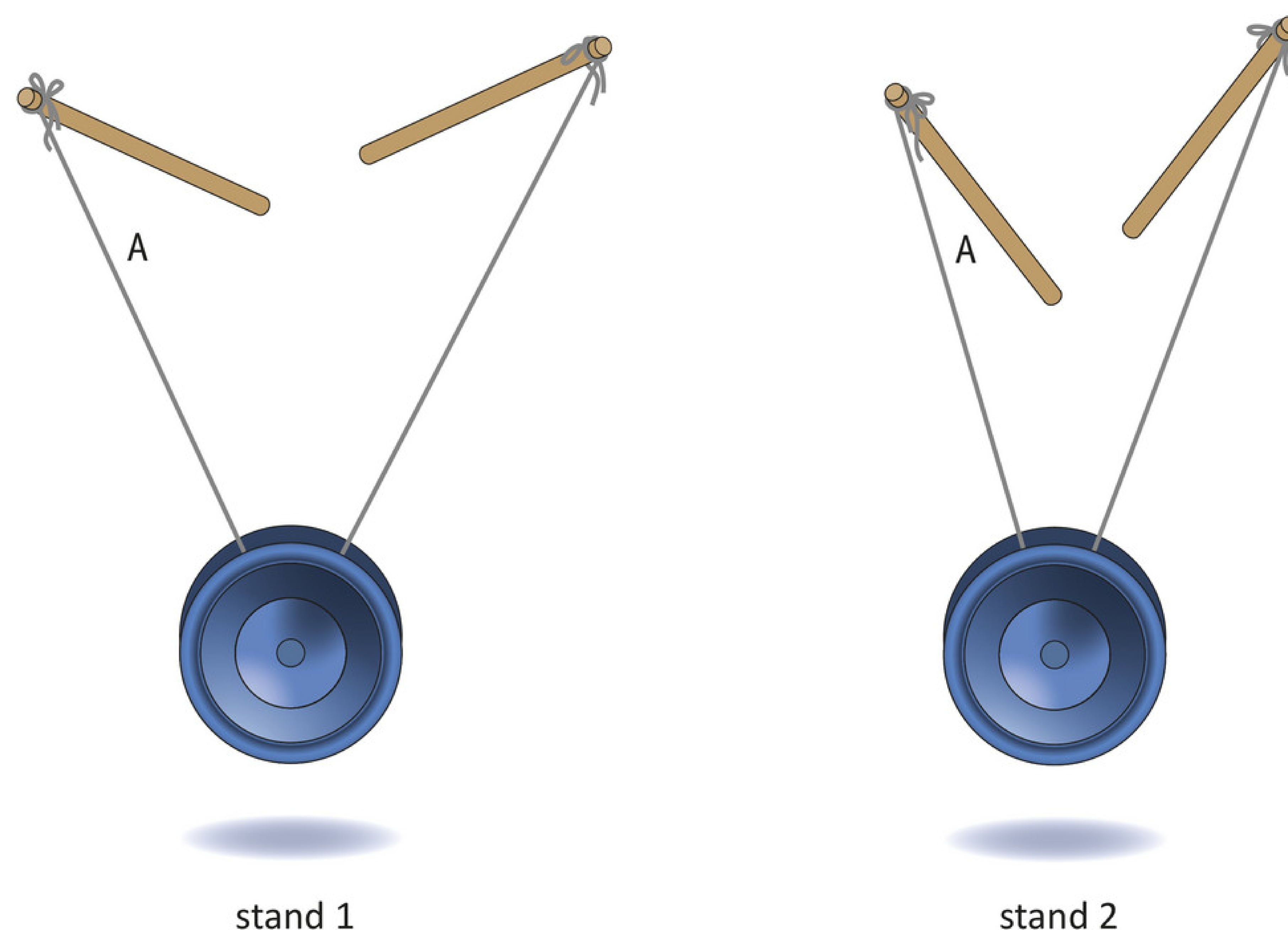
....

....

c In afbeelding 13 zie je de diabolo in twee standen. De diabolo hangt net boven de grond.
Welke bewering over de spankracht in koord A is waar?
- ○ A De spankracht is in beide standen even groot.
- ○ B In stand 1 is de spankracht in het koord groter dan in stand 2.
- ○ C In stand 1 is de spankracht in het koord kleiner dan in stand 2.

naar: examen 2019-II

afbeelding 13 De diabolo in twee standen.



★ 8  Stefan rust even uit tijdens een beklimming van een steile rotswand (afbeelding 14a). In deze situatie verdeelt de zwaartekracht zich over het touw en over Stefans linkerbeen. In afbeelding 14b is deze situatie schematisch getekend.

a Ontbind in afbeelding 14b de zwaartekracht F in F_1 (op het touw) en F_2 (op Stefans linkerbeen).

b Bepaal met de tekening hoe groot F_1 en F_2 zijn.

....

....

....

....

....

c Hoe groot is de spankracht F_s die het touw op Stefan uitoefent? En in welke richting werkt deze kracht?

....

....

d Hoe groot is de normaalkracht F_n die de rotswand op Stefans voet uitoefent? En in welke richting werkt deze kracht?

....

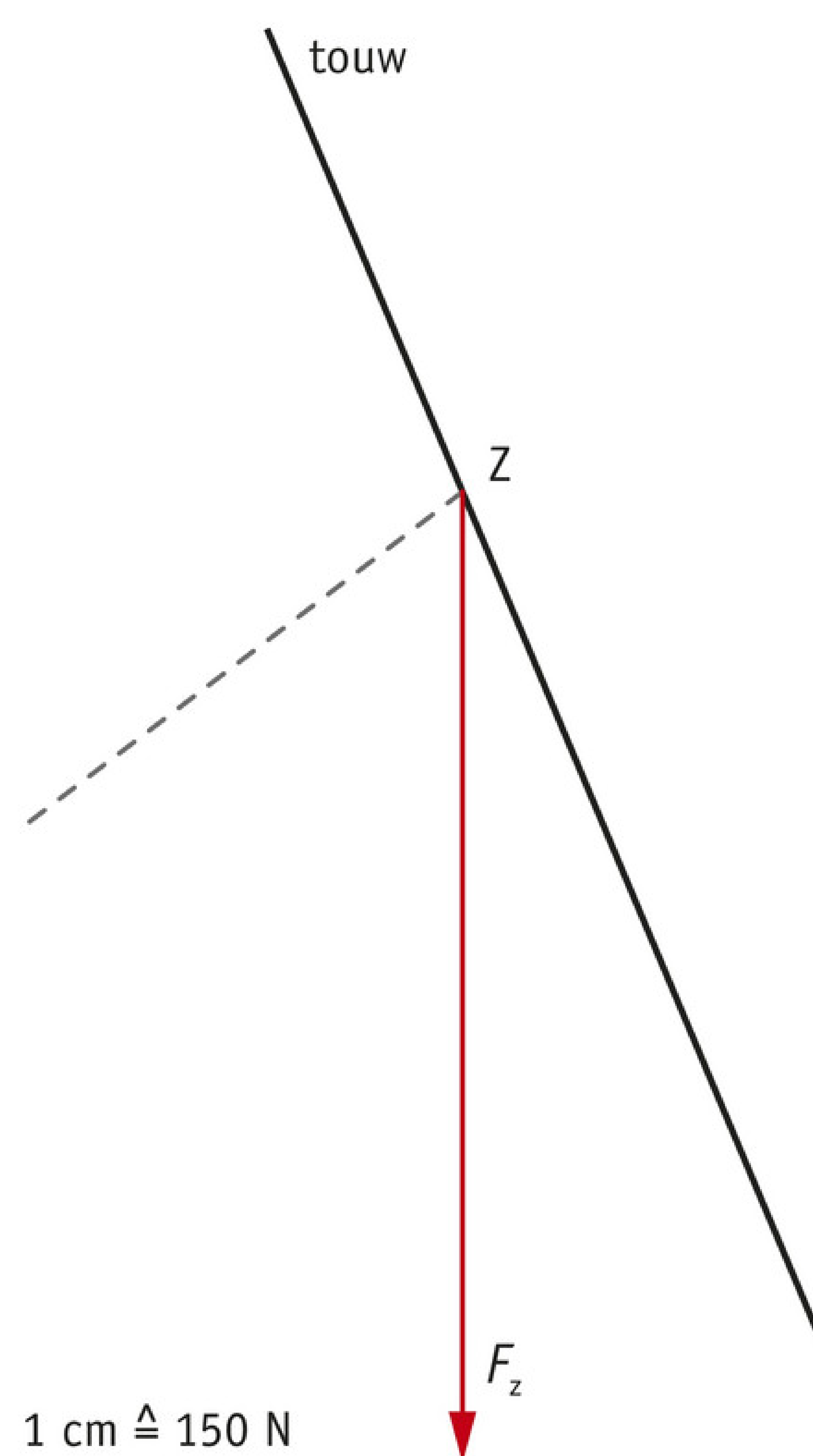
....

....

afbeelding 14 Een bergbeklimmer tegen een rotswand.



a



b


Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

De volgende proef staat in de online leeromgeving. Je leraar beslist of de proef wordt uitgevoerd.

PROEF 1 EEN KRACHTMETER BOUWEN EN IJKEN

45 minuten

Doel

Bij deze proef maak je zelf een schaalverdeling voor een krachtmeter met een spiraalveer. De ontwerpeisen zijn:

- Het meetbereik van de krachtmeter is minstens 0 tot 1 N.
- De afstand tussen de streepjes van de schaalverdeling is maximaal 0,1 N.
- De krachtmeter is op zijn minst even nauwkeurig als een 'gewone' krachtmeter.

PROEF 2 KRACHTEN IN EEN TUIBRUG METEN

30 minuten

Inleiding

Bij een tuibrug is het brugdek opgehangen aan kabels, de zogenaamde tuien. De tuien zijn bevestigd aan pijlers die pylonen worden genoemd.

Doel

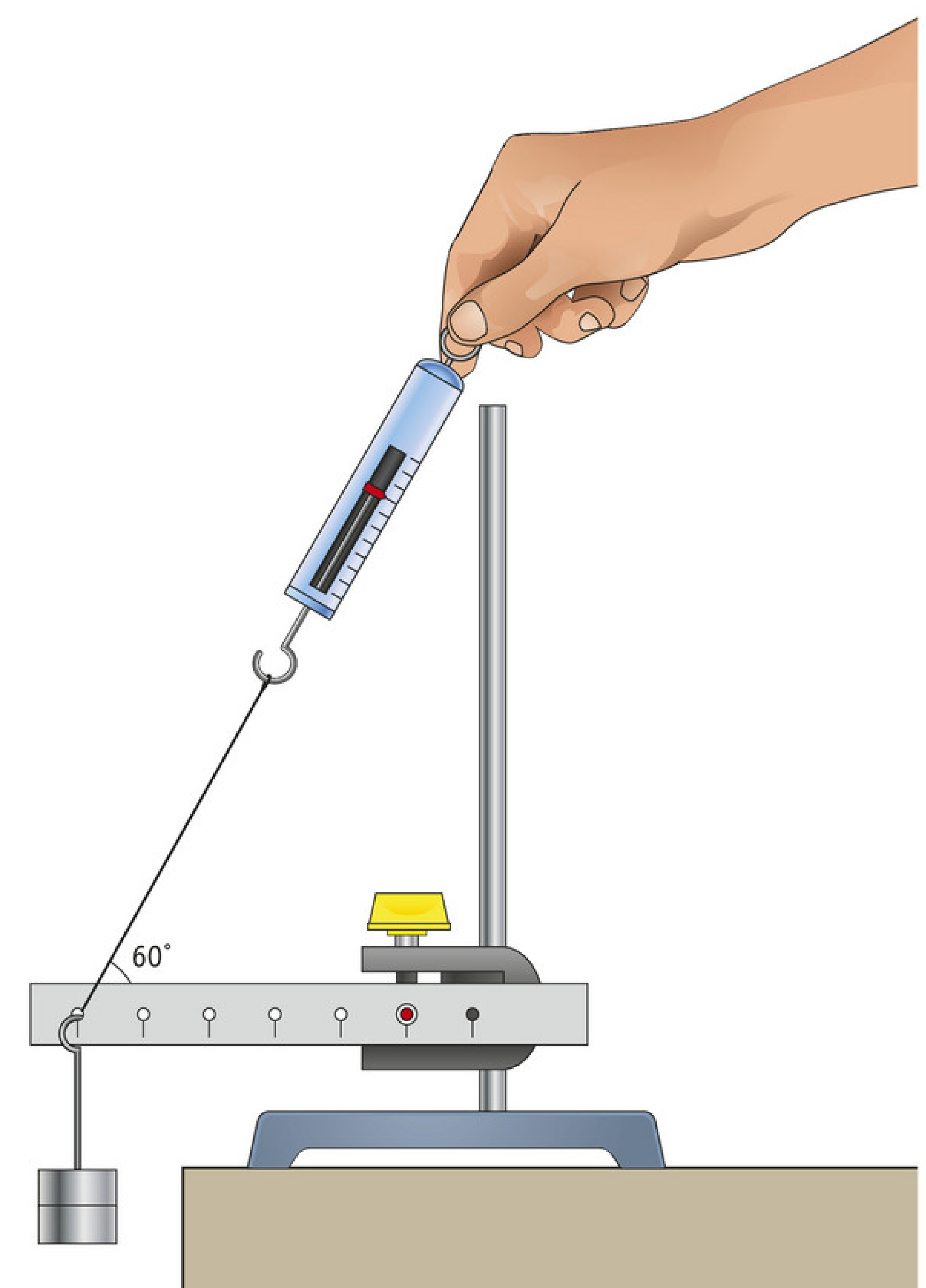
Je onderzoekt drie manieren om de tuien aan het brugdek en de pylonen te bevestigen.
De onderzoeksvraag luidt:
Bij welke manier van bevestigen van de tuien aan het wegdek is de spankracht in de tuien het kleinst?

Nodig

- ☐ statief
- ☐ dubbelklem
- ☐ hefboomarm met as
- ☐ gewichtendrager
- ☐ diverse gewichten
- ☐ krachtmeter (0-10 N)
- ☐ touw

Uitvoeren en uitwerken

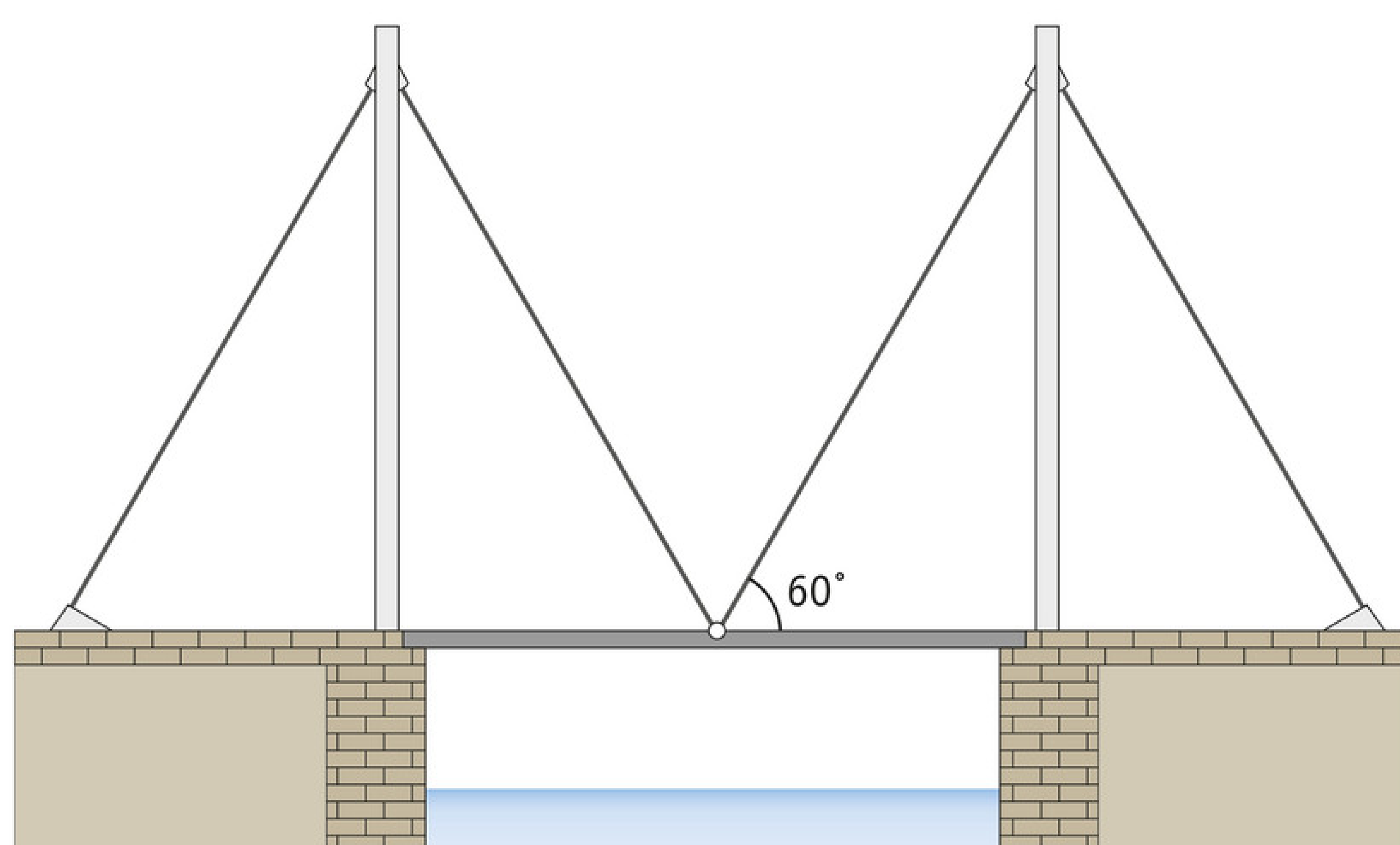
- Bouw het model van een tuibrug dat in afbeelding 1 is getekend.
  Zorg ervoor dat het brugdek horizontaal loopt.

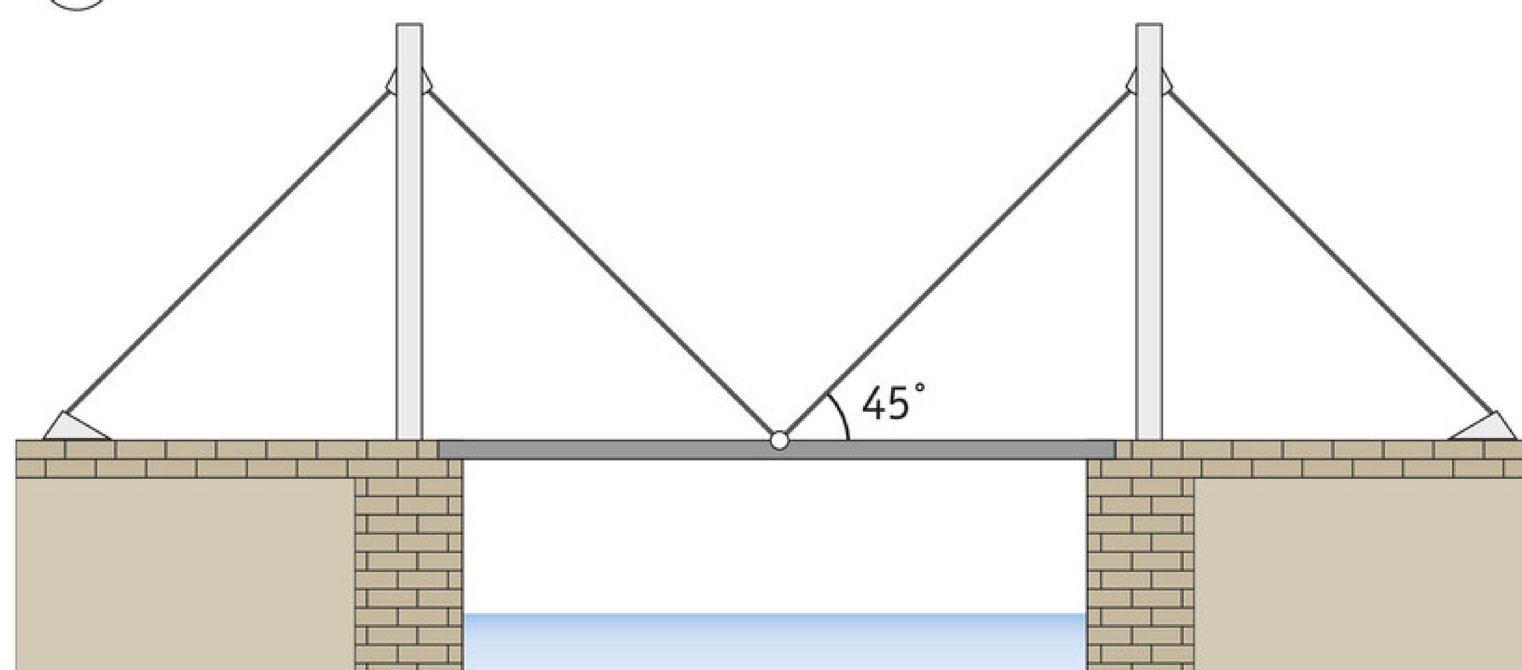


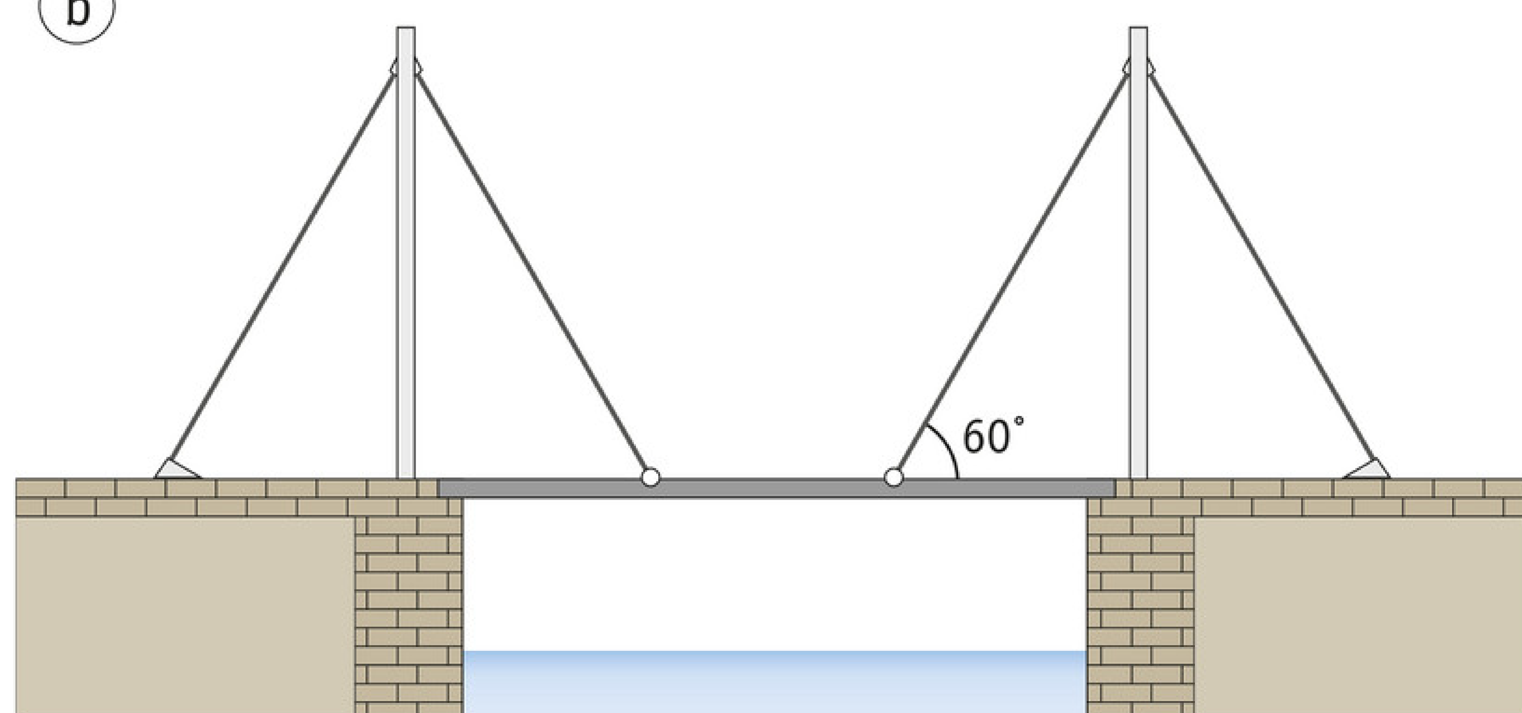
afbeelding 1 De opstelling van proef 2.

- Leg gewichten op de gewichtendrager tot de krachtmeter ongeveer 3 N aangeeft.
- In afbeelding 2 zijn drie manieren getekend om de tuien te bevestigen. Probeer deze drie manieren één voor één uit met jouw model. Ga na hoe groot de spankracht in elke situatie is.

afbeelding 2 Drie manieren om een brugdek aan tuien op te hangen.







1 Noteer de uitkomsten in tabel 1.

tabel 1 De meetresultaten van proef 2.

manier	spankracht (N)
a	
b	
c	

2 Bij welke manier (a, b of c) is de spankracht in de tuien het kleinst?

....

3 Een ontwerper kan verschillende redenen hebben om de spankracht in de tuien klein te houden.
Bedenk twee redenen en noteer ze.

....

....

....

....

....

....

- Je leraar vertelt je of je een verslag van deze proef moet maken.

PROEF 3 EEN OPHANGCONSTRUCTIE

30 minuten

Inleiding

Deze proef gaat over de krachten in een ophangconstructie waarbij een voorwerp aan twee touwen is opgehangen. De spankrachten in de touwen mogen niet te groot worden, anders zouden de touwen kunnen breken.

Doel

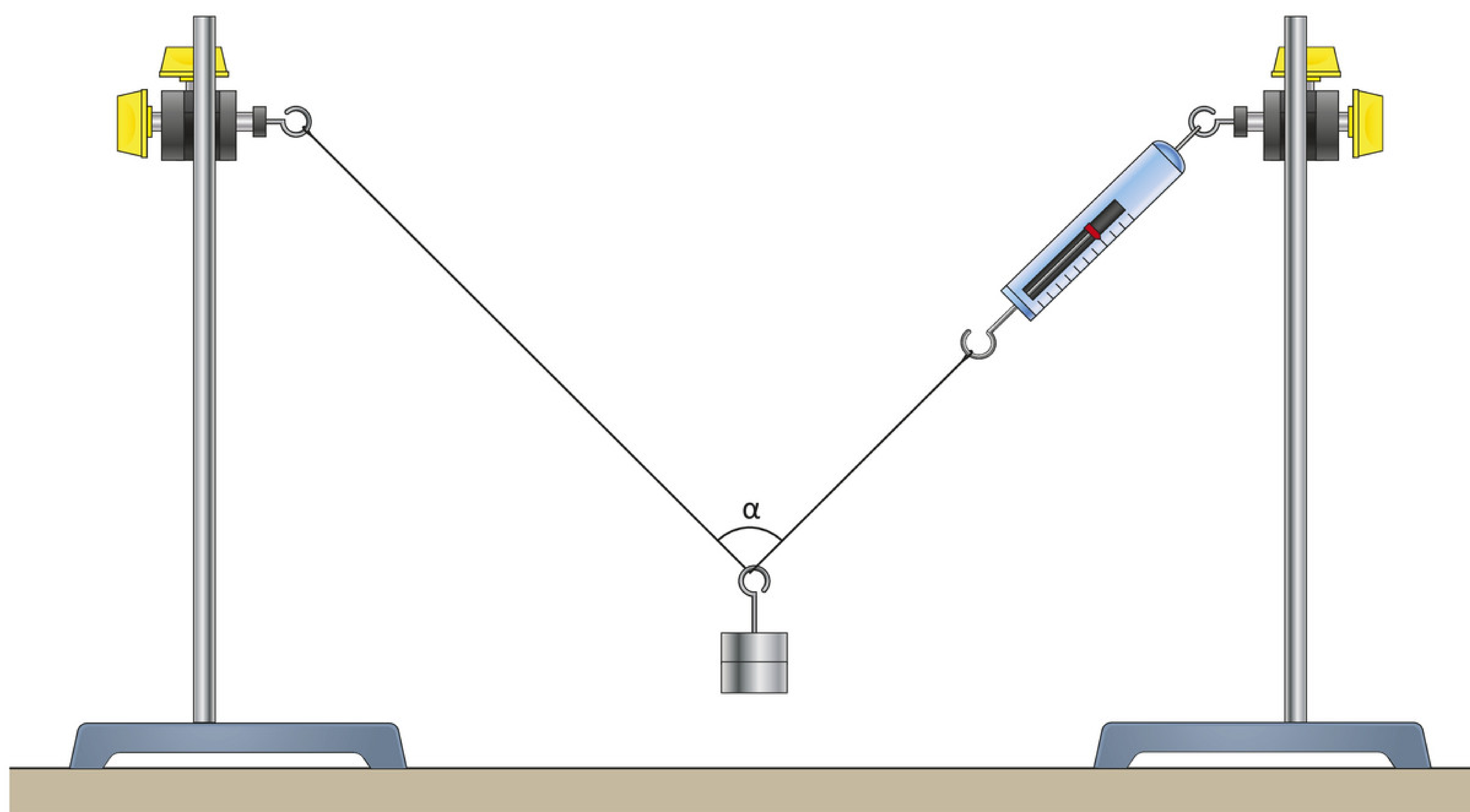
Je onderzoekt het verband tussen de tophoek die twee touwen maken en de spankracht die in de touwen optreedt.

Nodig

- ☐ 2 statieven
- ☐ 2 dubbelklemmen
- ☐ krachtmeter (0-10 N)
- ☐ gewichtendrager
- ☐ diverse gewichten
- ☐ touw (circa 60 cm)
- ☐ gradenboog of geodriehoek

Uitvoeren en uitwerken

- Maak de opstelling van afbeelding 3.
- Maak de tophoek gelijk aan 90°.
- Leg gewichten op de gewichtendrager tot de krachtmeter ongeveer 3 N aangeeft.



afbeelding 3 De opstelling van proef 3.

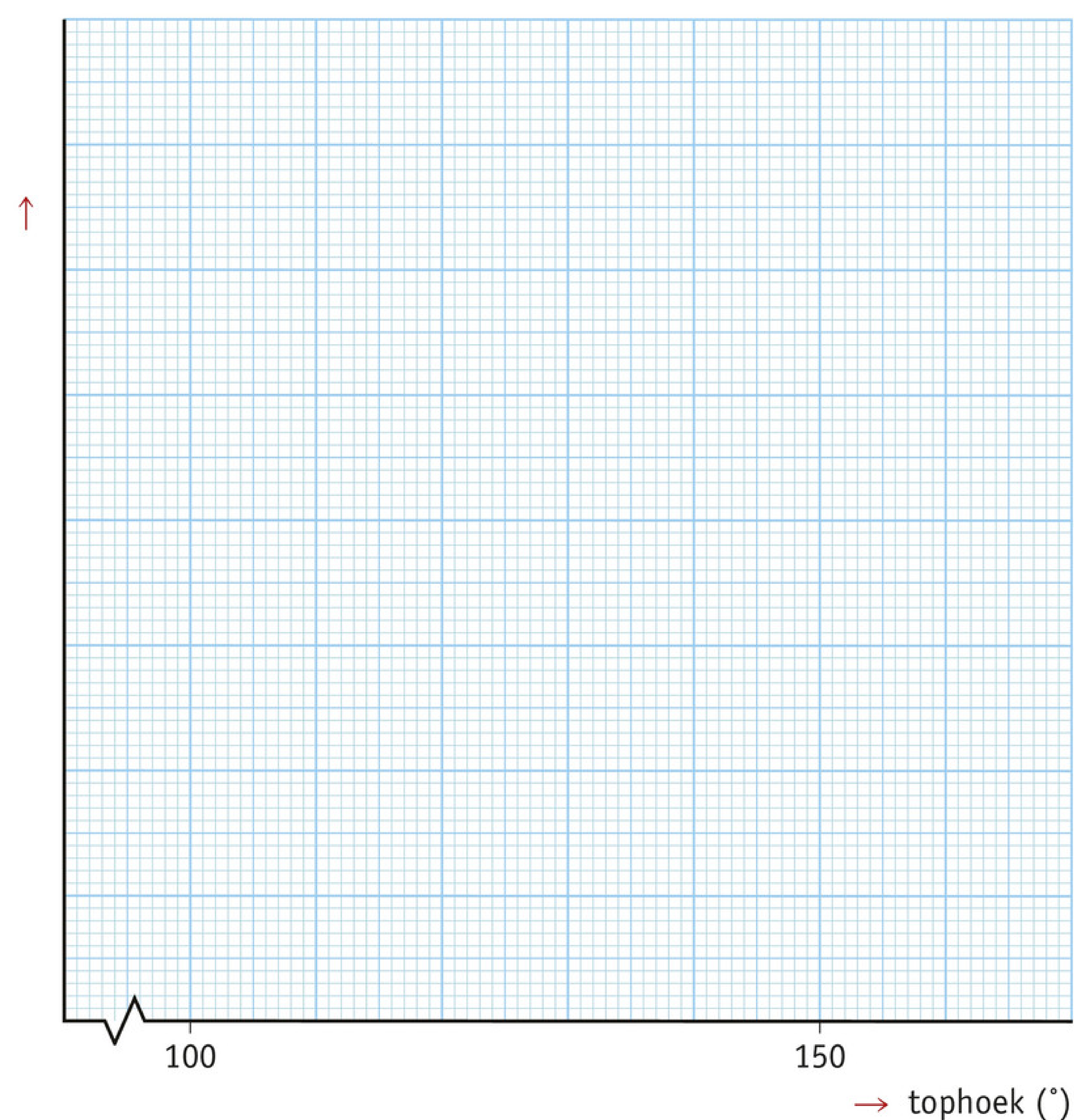
- Schuif de statieven bij elkaar vandaan, tot de tophoek 100° is.
- Lees de spankracht F_s af op de krachtmeter en noteer die in tabel 2.

- Maak de tophoek steeds 10° groter. Lees de bijbehorende spankracht af en noteer hem in tabel 2.
  Let op: op een gegeven moment zullen de statieven beginnen te kantelen. Houd ze daarna met de hand vast, of verzwaar de voet.

tabel 2 De meetresultaten van proef 3.

tophoek (°)	F_s (N)
100	
110	
120	
130	
140	
150	
160	
170	

afbeelding 4 Het verband tussen de tophoek en de spankracht.



1 Zie de vaardigheid *Werken met tabellen en grafieken*.
Teken in afbeelding 4 een grafiek waarin je het verband aangeeft tussen de tophoek en de spankracht.

2 Geef met rood in de grafiek aan bij welke tophoek de statieven beginnen te kantelen.

3 Zie de vaardigheid *Verbanden meten*.

a Waaraan zie je dat het verband niet evenredig of lineair is?

....

....

....

....

b Waaraan zie je dat het verband niet kwadratisch is?

....

....

....

....

c Waaraan zie je dat het verband niet omgekeerd evenredig is?

....

....

....

....

4 In de praktijk wordt de ophangconstructie van deze proef veel gebruikt. Daarbij moet je er wel op letten dat de tophoek niet te groot wordt.
Leg uit welke twee dingen er anders mis kunnen gaan.

....

....

....

....

....

....

- Je leraar vertelt je of je een verslag van deze proef moet maken.

PROEF 4 ONDERZOEK: BUNGEEJUMPEN

45 minuten

Inleiding

Als een bungeejumper zich naar beneden laat vallen, wordt het elastiek een heel stuk langer. Maar niet elke springer is even zwaar. De beheerder van de installatie zal daar rekening mee moeten houden.

Doel

Je onderzoekt bungeejumpen met behulp van een schaalmodel. De onderzoeksvraag luidt: *Wat is het verband tussen de maximale uitrekking van het elastiek en de massa van de persoon die springt?*

Uitvoeren en uitwerken


Zie de vaardigheid *Een onderzoek doen.*

- Maak een werkplan en voer het onderzoek uit.


1 Zie de vaardigheid *Een onderzoeksverslag maken.*
Presenteer de uitkomsten in je onderzoeksverslag.

Leerstofoverzicht

10.1 SOORTEN KRACHTEN

ONTHOUD

- Krachten herken je aan hun effecten. Ze kunnen voorwerpen van vorm laten veranderen of ze anders laten bewegen: sneller, langzamer of in een andere richting.
- Krachten kun je meten met een krachtmeter. Het wijzertje dat langs de schaalverdeling beweegt, geeft de grootte van de kracht in newton (N).
- Elke kracht heeft een grootte, een richting en een aangrijpingspunt. Daarom zeg je dat een kracht een vector is.
- Omdat een kracht een vector is, teken je hem als een pijl vanuit het aangrijpingspunt; om de pijl de juiste lengte te geven, gebruik je een krachtenschaal zoals 1 cm ≙ 5 N. Een kracht van 15 N teken je bij deze krachtenschaal als een pijl van 3 cm.
- In praktijksituaties kun je allerlei soorten krachten tegenkomen, zoals zwaartekracht, spierkracht, veerkracht, spankracht, normaalkracht, magnetische kracht en elektrische kracht.
- De zwaartekracht is ervoor verantwoordelijk dat voorwerpen naar beneden vallen. Je kunt de grootte van de zwaartekracht berekenen met de formule: $F_z = m \cdot g$
- Magneten hebben een noordpool en een zuidpool. Een noordpool en een zuidpool van twee verschillende magneten trekken elkaar aan. Maar twee noordpolen stoten elkaar af, net als twee zuidpolen.
- Twee elektrisch geladen voorwerpen trekken elkaar aan als ze een verschillende lading hebben (de ene positief, de andere negatief). Maar als ze dezelfde lading hebben, stoten ze elkaar af.

BEGRIPPEN

aangrijpingspunt
Geeft het punt aan waar de kracht aangrijpt.

elektrische kracht
Aantrekkende of afstotende kracht die een elektrisch geladen voorwerp uitoefent doordat het geladen is.

krachtenschaal
Schaal die bepaalt hoe lang je een krachtenpijl moet tekenen.

magnetische kracht
Aantrekkende of afstotende kracht die een magneet uitoefent doordat hij magnetisch is.

normaalkracht
Kracht waarmee een vlak (zoals een tafelblad of een vloer) terugduwt tegen een voorwerp dat op het vlak staat.

spankracht
Kracht die een touw, kabel of ketting uitoefent op een ander voorwerp, als het touw, de kabel of de ketting strak wordt gespannen.

spierkracht
Kracht die je uitoefent door je spieren in je lichaam aan te spannen, bijvoorbeeld om iets op te tillen.

vector
Grootheid die niet alleen een grootte heeft, maar ook een richting en een aangrijpingspunt. Je tekent vectoren daarom als een pijl.

veerkracht
Kracht die een veerkrachtig voorwerp uitoefent op een ander voorwerp, als het wordt uitgerekt of ingedrukt.

veldlijn
Lijn die de richting van de magnetische kracht aangeeft.

zwaartekracht
Kracht waarmee de aarde (of een ander hemellichaam) een voorwerp naar zich toe trekt.

10.2 KRACHTEN IN CONSTRUCTIES

ONTHOUD

- Op constructies werken trekkrachten en drukkrachten. Trekkrachten trekken aan een onderdeel, zodat het wordt uitgerekt. Drukkrachten duwen op een onderdeel, zodat het in elkaar wordt gedrukt. Op de pijlers van een tuibrug werken drukkrachten. Op de kabels van een tuibrug werken trekkrachten.
- Soms werken er tegelijk drukkrachten en trekkrachten op een onderdeel. Denk aan een brugdek dat een klein beetje doorbuigt als er een vrachtauto overheen rijdt. De bovenkant wordt dan in elkaar gedrukt door drukkrachten, de onderkant wordt tegelijk uitgerekt door trekkrachten.
- Baksteen en beton zijn goed bestand tegen drukkrachten, maar slecht tegen trekkrachten. Je kunt beton beschermen tegen trekkrachten door er een stalen ‘wapening’ in aan te brengen. Hout en staal zijn goed bestand tegen drukkrachten én trekkrachten.
- Baksteen en beton worden gebruikt voor onderdelen die drukkrachten moeten opvangen, zoals fundamenten en muren. Staal en hout worden gebruikt voor onderdelen die (ook) trekkrachten moeten opvangen, zoals dakconstructies en vloerbalken. Gewapend beton wordt onder andere gebruikt voor vloeren en brugdekken. De trekkrachten worden opgevangen door de stalen wapening in het beton.
- De ontwerpers van een constructie houden niet alleen rekening met de sterkte van een materiaal, maar ook met de dichtheid, het uiterlijk, de prijs, de isolatiewaarde, de brandbaarheid, de duurzaamheid en de effecten op het milieu.

BEGRIPPEN

driehoek (in constructie)
Drie balken die aan hun uiteinden met elkaar zijn verbonden, als onderdeel van een constructie.

drukkracht
Kracht die een deel van een constructie in elkaar drukt.

trekkracht
Kracht die een deel van een constructie uitrekt.

10.3 KRACHTEN SAMENSTELLEN

ONTHOUD

- Op een voorwerp dat op een vloer of op een tafelblad ligt, werken twee krachten: de zwaartekracht naar beneden en de normaalkracht omhoog. De twee krachten zijn even groot, maar tegengesteld gericht. Daardoor heffen ze elkaar op: de nettokracht op het voorwerp is 0 N.
- De nettokracht of resultante F_{res} is de combinatie van alle krachten die op een voorwerp werken. Of een voorwerp gaat bewegen, en zo ja, in welke richting, hangt af van F_{res}. Je moet de krachten op een voorwerp dus eerst combineren voordat je hun effect kunt bepalen.
- Als twee krachten F_1 en F_2 in dezelfde richting werken, geldt: $F_{res} = F_1 + F_2$
- Als twee krachten F_1 en F_2 in tegenovergestelde richting werken, geldt: $F_{res} = F_1 - F_2$
- In alle andere gevallen bepaal je de nettokracht door een krachtenparallellogram te tekenen, met F_1 en F_2 als zijden en F_{res} als diagonaal.
- De pijl van F_{res} (van het aangrijpingspunt naar het tegenovergestelde hoekpunt) geeft de richting van de nettokracht aan. De grootte van de nettokracht bepaal je met de krachtenschaal.

BEGRIPPEN

construeren (van de resultante)
Tekenen van een krachtenparallellogram, om de nettokracht te vinden.

nettokracht
Kracht die overblijft als je alle krachten op een voorwerp samenstelt, ook wel de resultante of de resulterende kracht genoemd.

resultante
Betekent hetzelfde als nettokracht.

resulterende kracht
Betekent hetzelfde als nettokracht.

samenstellen (van krachten)
Combineren van verschillende krachten tot één nettokracht. Als de krachten niet op één lijn liggen, moet je de resultante construeren.

10.4 KRACHTEN ONTBINDEN

ONTHOUD

- Op een voorwerp dat op de grond ligt, werken twee krachten: de zwaartekracht naar beneden en de normaalkracht omhoog. Als hetzelfde voorwerp omhoog wordt gehesen, werken er ook twee krachten: de zwaartekracht naar beneden en de spankracht van de hijskabel omhoog.
- Als de hijskabel voor het ophijsen slap naar beneden hangt, oefent hij nog geen kracht op het voorwerp uit. De spankracht ontstaat pas als de hijskabel wordt aangetrokken. De normaalkracht neemt daarbij steeds verder af, tot het voorwerp los komt van de grond.
- Als de zwaartekracht F_z op twee onderdelen van een constructie werkt, kun je F_z ontbinden in twee krachten: F_1 op het ene onderdeel, F_2 op het andere onderdeel. Dat doe je door een krachtenparallellogram te tekenen, met F_z als diagonaal en F_1 en F_2 langs twee zijden.
- Als de hijskracht F_h op twee onderdelen van een constructie werkt, kun je hem op dezelfde manier met een krachtenparallellogram ontbinden. Het enige verschil met de zwaartekracht is dat F_h omhoog is gericht.
- Nadat je F_1 en F_2 hebt getekend, kun je hun grootte bepalen door hun lengte te meten en daarna de krachtenschaal te gebruiken.
- Ontwerpers van constructies willen van elk onderdeel weten of er trekkrachten of drukkrachten op werken en hoe groot deze krachten zijn. Om daar achter te komen is het vaak nodig om de krachten te ontbinden. Zo komen de ontwerpers erachter hoe sterk ze ieder onderdeel moeten maken.

BEGRIPPEN

ontbinden (van krachten)
Vervangen van één kracht die op twee onderdelen van een constructie werkt, door twee nieuwe krachten F_1 en F_2. De een op het ene onderdeel, de andere op het andere onderdeel.


Ga naar de *Flitskaarten*.

11 Energie

ENERGIE NU EN IN DE TOEKOMST

Nederland is al een tijdje bezig met het omschakelen naar andere energiebronnen. De overheid wil dat de Nederlanders steeds minder aardgas, aardolie en steenkool verbruiken. Wind en zon zijn de energiebronnen van de toekomst. Op steeds meer plaatsen verschijnen windmolens en zonneparken.





Wat weet je al over energie en warmte?

LEERDOELEN

1 Je kunt het energie-stroomdiagram van een elektrische warmtebron tekenen en toelichten.
2 Je kunt berekeningen uitvoeren met de verbrandingswarmte van een brandstof.
3 Je kunt het reactieschema van de volledige verbranding van aardgas noteren.
4 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met het vermogen van een apparaat.
5 Je kunt het vermogen van een apparaat berekenen.

In hoofdstuk 6 van Nova nask 1 leerjaar 3 heb je al een aantal dingen over energie en warmte geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1  In afbeelding 1 is een begin gemaakt met het energie-stroomdiagram van een waterkoker.

a Maak het diagram af door de ontbrekende pijl te tekenen.
b Noteer in elke pijl om welke soort energie het gaat.
c Zet bij elke soort energie het bijbehorende symbool.



afbeelding 1 Het energie-stroomdiagram van een waterkoker.

2 Als je een brandstof verbrandt, komt er warmte vrij. De verbrandingswarmte van benzine is 33 MJ/L.
Bereken hoeveel warmte vrijkomt als je 9 L benzine verbrandt.

....

....

....

....

....

....

3 Vul het reactieschema van de verbranding van aardgas verder in.

aardgas + ... → .... + ...

4 Een ledlamp heeft een vermogen van 10 W.
Wat betekent een vermogen van 10 W?

- ○ A elektrische energie die de lamp per seconde verbruikt
- ○ B elektrische energie die de lamp per minuut verbruikt
- ○ C elektrische energie die de lamp per uur verbruikt
- ○ D elektrische energie die de lamp per jaar verbruikt

5 Reken om.

a 9000 W = ... kW

b 1560 W = ... kW

c 0,036 kW = ... W

d 0,43 kW = ... W



Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Fossiele brandstoffen

LEERDOELEN

11.1.1 Je kunt de drie belangrijkste toepassingen van fossiele brandstoffen beschrijven.
11.1.2 Je kunt uitleggen hoe een 'gewone' energiecentrale elektrische energie produceert.
11.1.3 Je kunt berekeningen uitvoeren met (elektrische) energie, vermogen en tijd.
11.1.4 Je kunt uitleggen hoe een kerncentrale kernenergie omzet in elektrische energie.
11.1.5 Je kunt toelichten wat wordt bedoeld met de afvalwarmte van een energiecentrale.
11.1.6 Je kunt uitleggen wat thermische verontreiniging is en hoe je die kunt voorkomen.
11.1.7 Je kunt milieuproblemen beschrijven die horen bij het gebruik van fossiele brandstoffen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN								
	11.1.1	11.1.2	11.1.3	11.1.4	11.1.5	11.1.6	11.1.7	6.2.2*	7.3.2*
Onthouden	1a	1b, 2abcd, 7d	1c	3abcd		1de, 7cf	10b		6a
Begrijpen		5a	4abcd			7abd	9abc, 10c		
Toepassen		5bc, 6b, 7e			6c			10a	
Analyseren							8abc		

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Aardgas wordt vaak een schone energiebron genoemd. Toch heeft de overheid besloten dat Nederland voor 2050 'van het gas af' moet. Waarom is die beslissing genomen?

AARDGAS, AARDOLIE EN STEENKOOL

Aardgas, aardolie en steenkool worden ook wel **fossiele brandstoffen** genoemd. Ze leveren een groot deel van de energie die in Nederland wordt verbruikt. Andere belangrijke energiebronnen zijn zonlicht, wind en uranium.



afbeelding 1 De Eemshavencentrale in Groningen, met grote hopen steenkool op de voorgrond.

De drie belangrijkste toepassingen van fossiele brandstoffen zijn:

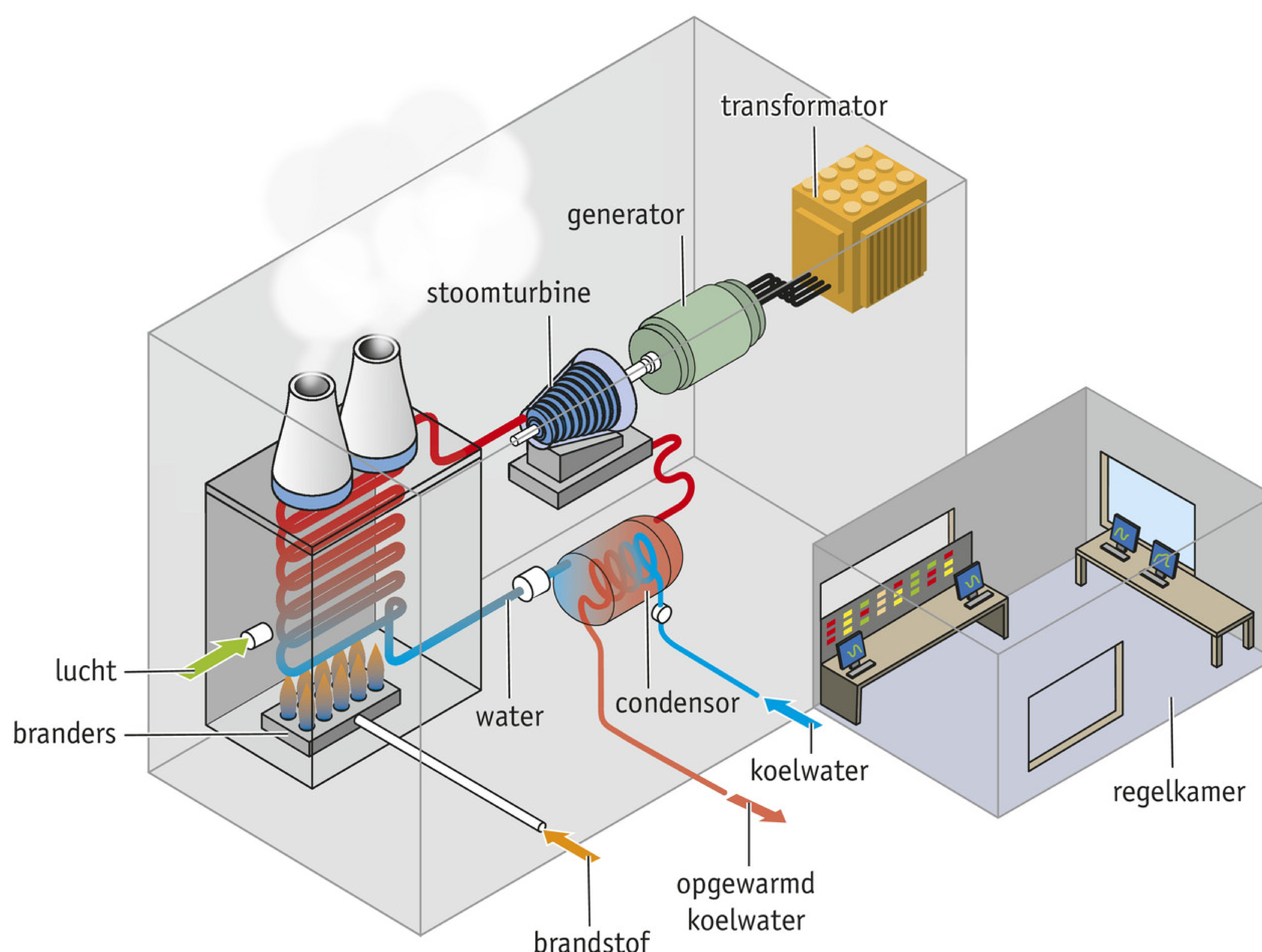
- Verwarming van gebouwen
  Veel huizen, winkels en kantoren worden verwarmd door cv-ketels waarin aardgas wordt verbrand.
- Wegvervoer en vliegverkeer
  De meeste auto's en vrachtwagens worden aangedreven door motoren die benzine of dieselolie verbranden. De straalmotoren van een verkeersvliegtuig werken op kerosine. Benzine, dieselolie en kerosine zijn aardolieproducten.
- Opwekking van elektriciteit
  De meeste Nederlandse energiecentrales (of elektriciteitscentrales) werken op aardgas of op biomassa (plantenresten). Er zijn nog enkele centrales die steenkool verstoken, zoals de Eemshavencentrale in Groningen (afbeelding 1).

ENERGIECENTRALES

Bij het verbranden van een brandstof wordt chemische energie omgezet in warmte. Die warmte kun je daarna weer omzetten in elektrische energie. In een energiecentrale gebeurt dat op grote schaal. De Eemshavencentrale bijvoorbeeld heeft een elektrisch vermogen van 1560 MW. Daarmee kan de centrale miljoenen huishoudens van elektrische energie voorzien.

In afbeelding 2 zie je hoe een 'gewone' energiecentrale werkt:

1 In grote branders wordt aardgas, biomassa of steenkool verbrand. Met de warmte die vrijkomt wordt water verhit. Er ontstaat stoom met een hoge temperatuur en druk.
2 De hete stoom spuit met grote snelheid tegen de schoepen van een **stoomturbine**. De turbine gaat daardoor ronddraaien.
3 Aan de turbine is een **generator** (een soort grote dynamo) gekoppeld. Als de as van de turbine draait, draait de as van de generator mee.
4 In de generator wordt dan elektrische energie opgewekt, op een vergelijkbare manier als in een dynamo.
5 In de condensor wordt de gebruikte stoom afgekoeld, zodat de stoom condenseert tot water. Het water wordt daarna opnieuw gebruikt.
6 De elektrische energie wordt via het elektriciteitsnet aan woningen en bedrijven geleverd.



afbeelding 2 Zo werkt een met brandstof gestookte energiecentrale.

Een kerncentrale gebruikt **kernenergie** om water te verhitten tot stoom. Die kernenergie wordt geleverd door een kernbrandstof zoals uranium. In een kernreactor worden de atoomkernen van de kernbrandstof gespleten in kleinere stukken. Daarbij ontstaat veel warmte. Verder werkt een kerncentrale net als een gewone energiecentrale, met stoom die turbines laat draaien en generatoren die elektrische energie opwekken.

Je kunt de hoeveelheid elektrische energie die een centrale levert, berekenen met de formule:

$E = P \cdot t$

In deze formule is:
- E de hoeveelheid geleverde elektrische energie in joule (J);
- P het elektrisch vermogen van de centrale in watt (W);
- t de tijd die de centrale heeft gewerkt in seconden (s).

Energiebedrijven werken met enorme hoeveelheden energie. Om die hoeveelheden aan te geven, gebruik je voorvoegsels zoals giga en tera of machten van tien:
- 1 gigajoule = 1 GJ = 1 000 000 000 J = 10^9 J
- 1 terajoule = 1 TJ = 1 000 000 000 000 J = 10^{12} J

VOORBEELDOPDRACHT 1

De Eemshavencentrale werkt een uur op zijn maximale vermogen van 1560 MW (elektrisch).
Bereken hoeveel elektrische energie de centrale in die tijd aan het elektriciteitsnet levert.

gegevens P = 1560 MW = $1560 \cdot 10^6$ W
t = 1 h = 3600 s

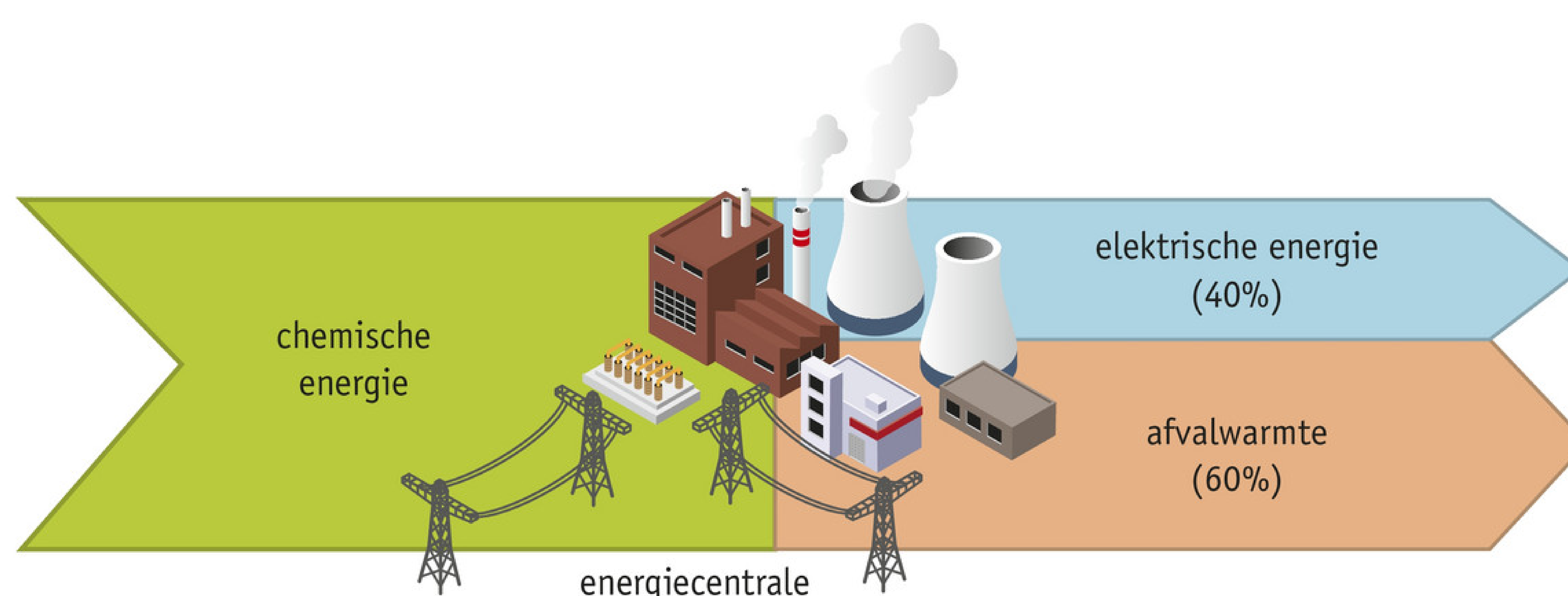
gevraagd E = ? J

uitwerking $E = P \cdot t = 1560 \cdot 10^6 \times 3600 = 5{,}62 \cdot 10^{12}$ J = 5,62 TJ (terajoule)

AFVALWARMTE

Het is niet mogelijk om alle chemische energie in een brandstof (of kernenergie in een kernbrandstof) om te zetten in elektrische energie. Er blijft altijd veel warmte over. Deze warmte noem je **afvalwarmte**, omdat je er geen elektrische energie meer 'uit kunt halen'.

In afbeelding 3 is het energie-stroomdiagram van een centrale getekend. Links staat de energiesoort die de centrale 'ingaat', rechts de energiesoorten die 'eruit komen'. Je ziet dat 40% van de chemische energie wordt omgezet in elektrische energie. Maar liefst 60% is 'afvalwarmte'.



afbeelding 3 Het energie-stroomdiagram van een energiecentrale.

De afvalwarmte moet worden afgevoerd uit de centrale. Soms kan dat door het warme koelwater meteen te lozen op een rivier. Maar dat mag alleen als het rivierwater niet te veel in temperatuur stijgt. Anders krijgen vissen en andere waterdieren zuurstofgebrek. Ze kunnen dan massaal sterven aan **thermische verontreiniging** (vervuiling met warmte).

Vaak moet een energiebedrijf zijn koelwater eerst laten afkoelen in grote koeltorens (afbeelding 4). Een deel van het koelwater verdampt dan. Dat heeft een afkoelend effect. Verdampen kost warmte die aan het koelwater wordt onttrokken. Als de temperatuur van het koelwater ver genoeg is gedaald, mag het energiebedrijf het lozen.



afbeelding 4 Koeltorens bij een centrale.

OPWARMING VAN DE AARDE

Bij het verbranden van fossiele brandstoffen ontstaat het gas **koolstofdioxide** (CO_2). Dit gas is een natuurlijk bestanddeel van de atmosfeer, net als zuurstof en stikstof. Het is ook een belangrijk bestanddeel. Koolstofdioxide draagt eraan bij dat de atmosfeer werkt als een broeikas. Zonder dit **natuurlijke broeikaseffect** zou het op aarde veel kouder zijn. Mensen zouden er niet kunnen leven.

In de laatste tweehonderd tot driehonderd jaar nam het verbruik van fossiele brandstoffen sterk toe. Daardoor is de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer bijna anderhalf keer zo groot geworden. Er is een **versterkt broeikaseffect** ontstaan dat de aarde steeds verder opwarmt. Deze opwarming kan ingrijpende gevolgen krijgen:

- Door de uitzetting van zeewater en het smelten van ijskappen kan de zeespiegel sterk gaan stijgen.
- Het klimaat kan ingrijpend veranderen zodat de landbouwopbrengsten in veel gebieden gaan dalen.
- Dieren en planten kunnen uitsterven door veranderingen in hun leefgebied, zoals woestijnvorming.

De overheid heeft besloten om het gebruik van fossiele brandstoffen sterk terug te dringen. Rond 2050 mag er in Nederland bijna geen ‘fossiele energie’ meer worden gebruikt. Daarvoor zal het aandeel van andere energiebronnen, zoals zon en wind, de komende dertig jaar sterk moeten stijgen. Dit wordt de **energietransitie** genoemd.

ZURE REGEN EN SMOG

Bij het verbranden van brandstoffen ontstaan vaak ook andere gassen. Sommige van die gassen zijn schadelijk voor het milieu. Zwaveldioxide (SO_2) en stikstofoxiden (NO_x) veroorzaken **zure regen**, die schadelijk is voor planten en bomen. Zwaveldioxide en stikstofoxiden dragen bovendien bij aan het ontstaan van **smog** (afbeelding 5).

Smog is een geelbruine nevel die 's zomers boven veel grote steden hangt. De stoffen in smog irriteren en beschadigen je slijmvliezen, ogen en luchtwegen. Dat merk je doordat je ogen gaan branden en je neus en keel worden geprikkeld. Je raakt bij ernstige smog ook snel buiten adem. Smog kan ernstige gevolgen hebben voor mensen met hartproblemen en longziekten, zoals astma.

Het is mogelijk om de afvalgassen van elektriciteitscentrales schoner te maken. Zwaveldioxide kun je bijvoorbeeld goed uit afvalgassen halen. Dit kost wel veel extra energie. Het maakt elektrische energie ook duurder.



afbeelding 5 Los Angeles in de VS is berucht om de smog die er vaak hangt.

 **Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

LEERSTOF

1 Vul in.

a De drie belangrijkste toepassingen van fossiele brandstoffen zijn:

1 ....

2 ....

3 ....

b Bij het verbranden van een brandstof wordt .... energie omgezet in ....

c Een grote elektrische centrale kan miljoenen huishoudens voorzien van elektrische energie.
Je kunt de hoeveelheid geleverde elektrische energie berekenen met de formule:

....

d Als een energiecentrale zijn koelwater zomaar op een rivier loost, kan het rivierwater te .... worden. Vissen en andere waterdieren krijgen dan last van ....

e Als het rivierwater te warm wordt door het lozen van koelwater, noem je dat .... verontreiniging.

2 Vul de onderdelen van een 'gewone' elektriciteitscentrale in.

a In de .... wordt aardgas verbrand om zo water te verhitten.

b Stoom komt tegen de schoepen van de .... zodat deze rond gaat draaien.

c In de .... wekt die draaiende beweging elektrische energie op.

d In de .... wordt de stoom afgekoeld zodat hij condenseert.

3 Een kerncentrale werkt op de kernenergie in uranium.

a In een kernreactor worden de kernen van uranium .... gespleten.

b Met de warmte die daarbij vrijkomt, wordt .... verhit tot ....

c De stoom drijft een .... aan die is gekoppeld aan een generator.

d De generator wekt .... op voor huizen en bedrijven.

TOEPASSING

4 Gebruik *BINAS* tabel 3 *Vermenigvuldigingsfactoren*.
Vaak wordt voor de eenheid joule (J) een voorvoegsel geplaatst. Zo kun je verschillende hoeveelheden energie overzichtelijk opschrijven.
Vul in.

a	1	= 10^3 J	= .... joule
b	1	= .... J	= een miljoen joule
c	1 GJ	= .... J	= een .... joule
d	1	= .... J	= een biljoen joule

5 De Sloecentrale bij Vlissingen (Zeeland) is een gasgestookte energiecentrale.

a Een gasgestookte centrale zet de .... energie in aardgas om in .... energie en ....



b Zie de vaardigheid *Werken met machten van 10*.
De Sloecentrale heeft een (maximaal) elektrisch vermogen van 870 MW. Als de Sloecentrale op vol vermogen werkt, kan hij twee miljoen huishoudens van energie voorzien.
Hoeveel elektrisch vermogen kan de centrale gemiddeld per huishouden leveren? Je mag de energieverliezen in de transportleidingen verwaarlozen.

....



c Zie de vaardigheid *Werken met voorvoegsels*.
De Sloecentrale werkt op een koude winterdag tien uur achter elkaar op vol vermogen.
Bereken hoeveel elektrische energie in TJ de centrale in die tijd produceert.

....

....

....

....

6 In een verbrandingsinstallatie wordt restafval verbrand. Met de vrijgekomen warmte wordt elektrische energie opgewekt.

a Wat wordt bedoeld met restafval?

....

....

....



b Zie de vaardigheid *Werken met formules*.
Uit metingen blijkt dat de installatie in 20 minuten 22,8 GJ elektrische energie produceert.
Bereken het elektrisch vermogen van de verbrandingsinstallatie.

....

....

....

....

....

....

c In dezelfde 20 minuten produceert de afvalinstallatie ook nog 35,5 GJ afvalwarmte. Hoeveel chemische energie heeft de centrale in totaal opgenomen?

....

....

....

7 Veel elektriciteitscentrales zijn vlak bij een rivier gebouwd. Ze halen hun koelwater uit de rivier, waarin ze het na gebruik ook weer lozen.

a Ten opzichte van de centrale is het rivierwater *stroomafwaarts* / *stroomopwaarts* warmer.

b Leg uit hoe dat komt.

....

....

....

c Wat kan er misgaan met het leven in de rivier als het rivierwater te warm wordt?

....

....

....

d In welk jaargetijde is de kans het grootst dat het rivierwater te warm wordt?

....

....

....

e Waarom is het geen goede oplossing om een centrale tijdelijk stil te leggen, als het erg warm is?

....

....

....

f Hoe moet er bij een energiecentrale voor worden gezorgd dat het rivierwater niet te warm wordt?

....

....

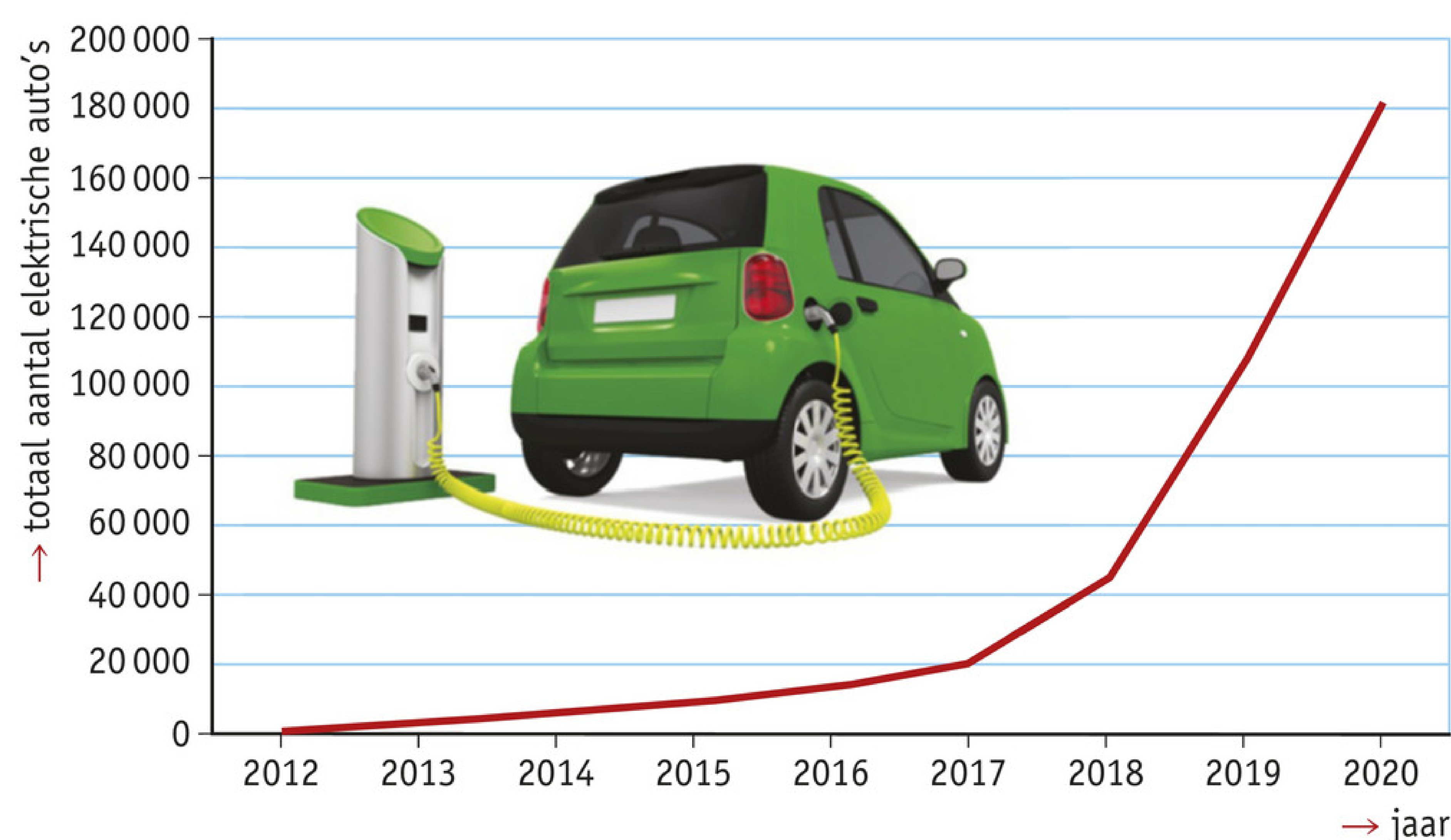
....

★ 8 Van de nieuwe auto's die in 2020 verkocht werden, was één op de vijf elektrisch. Hierdoor stijgt het aantal elektrische auto's snel (afbeelding 6).
Pjotr zegt: "Een elektrische auto heeft geen brandstof nodig om te rijden."
Natasha zegt: "Een elektrische auto veroorzaakt geen luchtverontreiniging."
Beide uitspraken zijn maar gedeeltelijk juist.

a Wat zou Pjotr nog meer moeten vertellen?

b Wat zou Natasha nog meer moeten vertellen?

c Wat moet er gebeuren om elektrische auto's echt schoon te laten rijden, dat wil zeggen: zonder dat ergens de lucht wordt verontreinigd?



afbeelding 6 Het aantal elektrische auto's is in acht jaar tijd sterk gestegen.

9 Hierna worden drie milieuproblemen beschreven.
Noteer bij elk probleem door welk gas of welke gassen het milieuprobleem wordt veroorzaakt.

a Er hangt een geelbruine nevel boven de stad die je ogen en je luchtwegen irriteert en risico's oplevert voor mensen met hart- en longproblemen.

....

b Het klimaat in Nederland verandert: winters zijn gemiddeld minder streng en zomers heter. Droge perioden duren langer en richten meer schade aan.

....

c In veel bossen groeien de bomen slecht en gaan er regelmatig bomen dood, onder andere doordat de samenstelling van het regenwater is veranderd.

....

10 Gebruik *BINAS* tabel 19 *Verbrandingswarmte van enkele stoffen* en tabel 3 *Vermenigvuldigingsfactoren*.
Frank heeft een boot waarin je tijdens het varen een warm bad kunt nemen. Een houtkachel zorgt voor het verwarmen van het water in de boot (afbeelding 7). Om het water in de boot op temperatuur te brengen, verstookt Frank droog hout. Daarbij komt $136 \cdot 10^6$ J warmte vrij.

a Bereken de massa aan hout die hierbij is verstookt.

....

....

....

....

....

....

....

b Bij de verbranding van hout ontstaan verbrandingsgassen. Eén daarvan is zwaveldioxide.
Wat is het gevolg van zwaveldioxide voor het milieu?

- ○ A thermische verontreiniging
- ○ B versterkt broeikaseffect
- ○ C zure regen

c Bij de verbranding van hout komt ook veel fijnstof vrij. Fijnstof bestaat uit schadelijke stofdeeltjes met een afmeting die kleiner is dan 2,5 micrometer.
Welke lengte komt overeen met 2,5 micrometer?

- ○ A $2{,}5 \cdot 10^{9}$ m
- ○ B $2{,}5 \cdot 10^{6}$ m
- ○ C $2{,}5 \cdot 10^{3}$ m
- ○ D $2{,}5 \cdot 10^{-3}$ m
- ○ E $2{,}5 \cdot 10^{-6}$ m
- ○ F $2{,}5 \cdot 10^{-9}$ m

naar: examen 2017-II en examen 2019-I



afbeelding 7 Het varende bad van Frank.



Test je kennis met de *Test jezelf*.

2 Zonne-energie

LEERDOELEN

11.2.1 Je kunt beschrijven hoe planten gebruikmaken van de stralingsenergie in zonlicht.
11.2.2 Je kunt benoemen welke energie-omzetting plaatsvindt in een zonnepaneel.
11.2.3 Je kunt uitleggen waardoor een zonnepaneel niet steeds hetzelfde vermogen afgeeft.
11.2.4 Je kunt uitleggen dat mensen met zonnepanelen energie én geld kunnen besparen.
11.2.5 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met het rendement van een zonnepaneel.
11.2.6 Je kunt berekeningen uitvoeren met rendement en energie, en met rendement en vermogen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN								
	11.2.1	11.2.2	11.2.3	11.2.4	11.2.5	11.2.6	1.3.1*	6.2.2*	11.1.2*	11.1.5*
Onthouden	1ab, 3b	1d	1ce		2bd	2a				
Begrijpen		8b	4bc, 5a, 7abc		2c, 3c		5e		3a, 5d	
Toepassen			4ade, 5b	6c, 8c	3d, 6a, 9a	6b, 9b		9c		8a
Analyseren			4f, 5c, 7d							

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Twee buren hebben tegelijk zonnepanelen aangeschaft. Na een jaar vergelijken ze de opbrengst: 3512 kWh voor de een en maar 2974 kWh voor de ander. Toch hebben ze allebei hetzelfde oppervlak aan zonnepanelen geïnstalleerd. Hoe zou je het verschil in opbrengst kunnen verklaren?

STRALINGSENERGIE

Het licht van de zon is onmisbaar voor het leven op aarde. Zonlicht verwarmt het aardoppervlak en zorgt zo voor een leefbare temperatuur. Zonlicht is ook onmisbaar voor de planten op aarde, die zonder licht niet kunnen groeien.

De energie in zonlicht wordt **stralingsenergie** genoemd. Als zonlicht op het aardoppervlak valt, wordt het licht gedeeltelijk geabsorbeerd. De stralingsenergie wordt daarbij omgezet in warmte. Op die manier worden het aardoppervlak en de atmosfeer daarboven verwarmd.

Planten gebruiken zonlicht om glucose te maken van koolstofdioxide en water. De stralingsenergie in het zonlicht wordt daarbij omgezet in chemische energie van glucose en daarvan afgeleide stoffen. Dit heet **fotosynthese**. Planten kunnen zo grote hoeveelheden energie vastleggen (afbeelding 1). Het voedsel dat op je bord ligt, geeft die energie aan jou door.



afbeelding 1 De bladeren van een maisplant zetten stralingsenergie om in chemische energie.

ZONNEPANELEN

PROEF 1

Zonlicht wordt tegenwoordig op grote schaal gebruikt om elektrische energie op te wekken. Een **zonnecel** kan de stralingsenergie in zonlicht direct omzetten in elektrische energie. In de praktijk worden zonnepanelen gebruikt die bestaan uit tientallen zonnecellen (afbeelding 2).

Een doorsnee **zonnepaneel** is circa 160 cm lang, 100 cm breed en 4 cm dik. Het bestaat uit zestig zonnecellen, gerangschikt in tien rijen van zes. Onder ideale omstandigheden (voor Nederland) levert zo'n paneel een elektrisch vermogen van ongeveer 300 W. Dit maximale elektrisch vermogen wordt ook wel het **piekvermogen** genoemd.

In de praktijk schommelt het elektrisch vermogen van een zonnepaneel. Het piekvermogen wordt alleen gehaald als de omstandigheden optimaal zijn. Een vermogen van 300 W is alleen haalbaar bij mooi warm zomerweer zonder wolken, rond het middaguur. Meestal zijn de omstandigheden minder goed en is het elektrisch vermogen lager. En 's nachts wordt natuurlijk helemaal geen vermogen geleverd.



afbeelding 2 Elk zonnepaneel op dit dak bestaat uit zestig zonnecellen, in tien rijen van zes.

ZONNE-ENERGIE GEBRUIKEN

Zonnepanelen kunnen in een groot deel van je energiebehoefte voorzien. Maar je kunt de elektrische energie die deze panelen leveren niet zomaar gebruiken. Eerst moet die energie worden omgezet naar de spanning van het lichtnet: 230 V. Daarvoor zorgt een apparaat dat een **omvormer** wordt genoemd. Die maakt de elektrische energie geschikt voor de elektrische apparaten in huis.

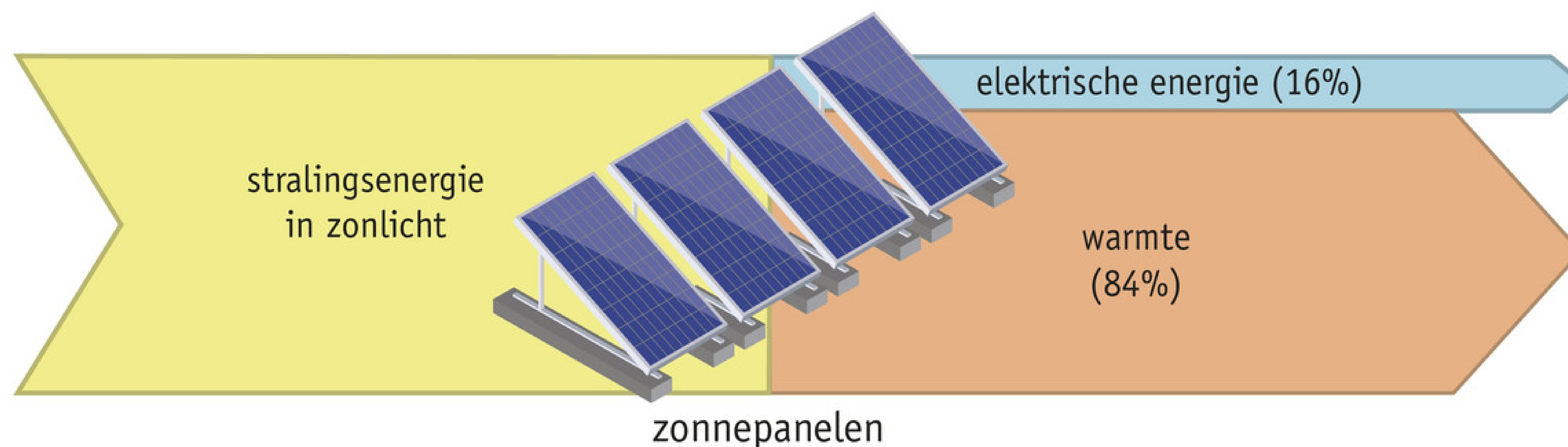
De omvormer geeft de elektrische energie (nu met de juiste spanning) af aan het lichtnet in huis. De leidingen vervoeren de elektrische energie naar de apparaten die op dat moment aanstaan. Voor de apparaten maakt het niet uit of de elektrische energie afkomstig is van de zonnepanelen of van het energiebedrijf. Ze werken er even goed op.

Mensen die zonnepanelen hebben geïnstalleerd merken wel een verschil. De elektrische energie die de zonnepanelen leveren hoeven ze niet meer van het energiebedrijf te kopen. Dat betekent dat hun energierekening flink naar beneden gaat. De kosten van de panelen kun je zo in ongeveer zeven jaar terugverdienen (prijspeil 2021).

HET RENDEMENT VAN EEN ZONNEPANEEL

PROEF 2

Een **energie-omzetting** is meestal niet 100% efficiënt. Dat geldt ook voor zonnepanelen. De meest verkochte soort zonnepanelen heeft een **rendement** van ongeveer 16%. Dat betekent dat het zonnepaneel maar 16% van de stralingsenergie in het zonlicht omzet in elektrische energie. De overblijvende 84% wordt omgezet in warmte waar je verder niets aan hebt (afbeelding 3).



afbeelding 3 Het energie-stroomdiagram van een zonnepaneel.

Onderzoekers hebben hard gewerkt om het rendement van zonnepanelen te verbeteren. Rond het jaar 2000 lag het rendement van een doorsnee zonnepaneel nog onder de 10%. Zonnepanelen waren toen bovendien veel duurder dan nu. Om zonnepanelen betaalbaar te maken, moest de overheid er subsidie voor geven. Door het verbeterde rendement en de veel lagere prijs is dat nu niet meer nodig.

Je kunt het rendement van een energie-omzetter zoals een zonnepaneel berekenen met de formule:

$$\eta = \frac{E_{af}}{E_{op}} \cdot 100\%$$

In deze formule is:
- η het gerealiseerde rendement in procenten (%);
- E_{af} de afgegeven elektrische energie in joule (J);
- E_{op} de opgenomen stralingsenergie in joule (J).

Je krijgt ook een goede uitkomst, als je invult:
- hoeveel energie per seconde wordt afgegeven;
- hoeveel energie per seconde wordt opgenomen.

Met andere woorden: je kunt het rendement ook berekenen door het afgegeven elektrisch vermogen te delen door het totale opgenomen vermogen:

$$\eta = \frac{P_{af}}{P_{op}} \cdot 100\%$$

VOORBEELDOPDRACHT 1

In een laboratorium wordt een zonnepaneel getest. Er valt 1600 W aan stralingsenergie op het paneel. Het elektrisch vermogen is in deze situatie 292 W.
Bereken het rendement van het zonnepaneel.

gegevens P_{op} = 1600 W
P_{af} = 292 W

gevraagd η = ? %

uitwerking $\eta = \frac{P_{af}}{P_{op}} \cdot 100\%$

$= \frac{292}{1600} \times 100\% = 18\%$



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Planten gebruiken zonlicht om .... te maken van koolstofdioxide en ....

b De stralingsenergie in het zonlicht wordt daarbij omgezet in ....

c Een doorsnee .... bestaat uit zestig zonnecellen, in tien rijen van zes.

d Een zonnecel zet de .... in zonlicht om in .... energie.

e Een .... zet de spanning die zonnepanelen leveren om naar .... V.

2 Vul in.

a Je kunt het rendement van een zonnepaneel berekenen met de formules:

.... en ....

b Bij een zonnepaneel is:

- E_{op} de hoeveelheid .... die op het zonnepaneel valt;
- E_{af} de hoeveelheid .... die het zonnepaneel afgeeft.

c Een doorsnee zonnepaneel heeft een rendement van ongeveer ....
Van elke 100 J stralingsenergie die het zonnepaneel opvangt, zet hij .... J om in ....

d De stralingsenergie die het zonnepaneel niet kan benutten, wordt omgezet in ....

TOEPASSING

3  Een computer heeft een dag lang het elektrisch vermogen van een zonnepaneel bijgehouden. In afbeelding 4 zie je de uitkomst: een grafiek waarin het geleverde vermogen is uitgezet tegen de tijd.

a Waaraan kun je zien dat de proef midden in de zomer is uitgevoerd?

....

....

....

b Het zonnepaneel levert gedurende korte tijd zijn piekvermogen.
Lees uit de grafiek af hoe groot dat piekvermogen is.

....

c Rond welke tijd wordt dit piekvermogen geleverd?

....

d De dag begon met volop zon. Maar vanaf ongeveer 9:30 uur schoven er af en toe wolken voor de zon.
Waaraan kun je dat zien in de grafiek?

....

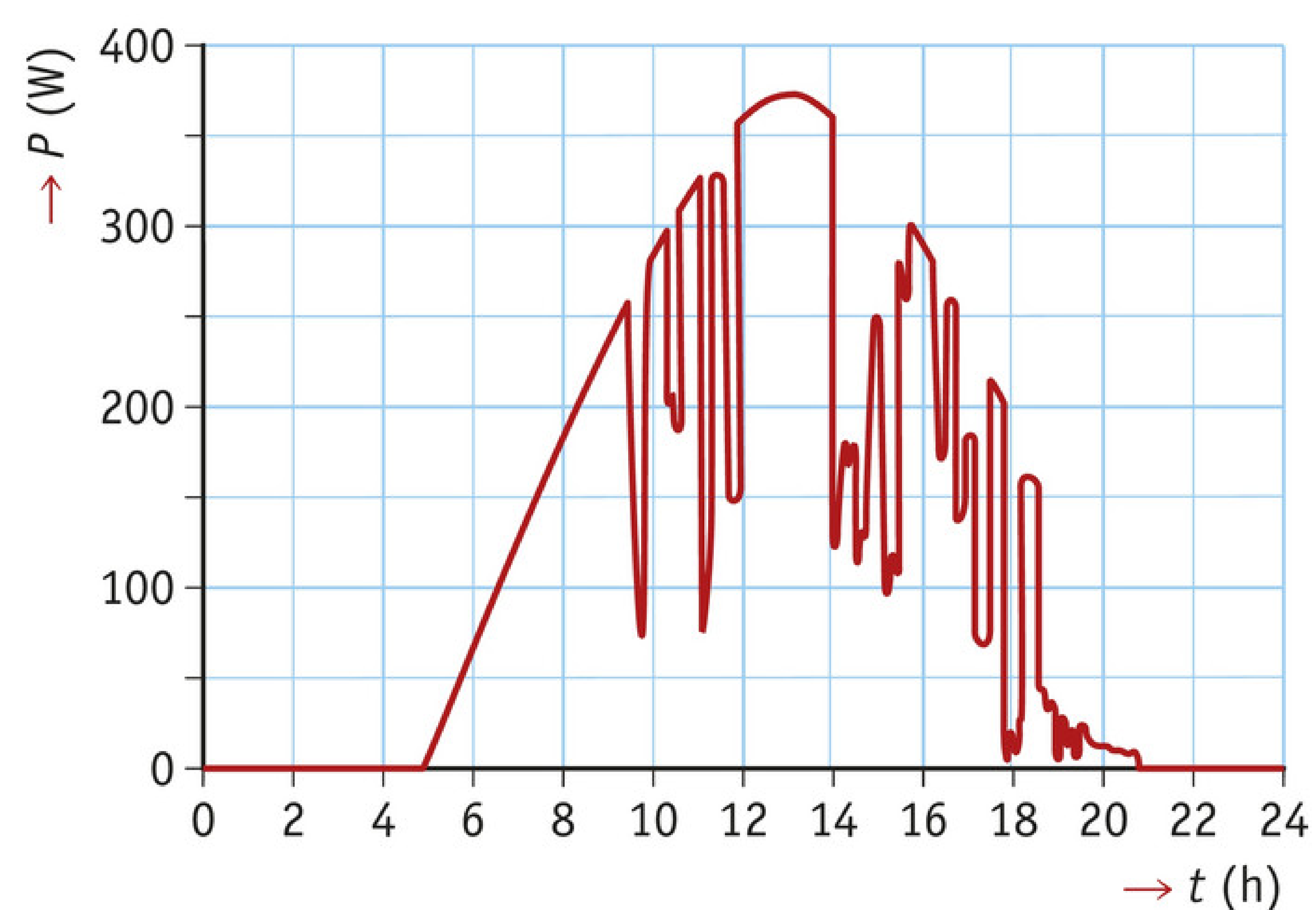
....

e Bekijk het gedeelte van de grafiek tussen 12:00 en 14:00 uur.
Leg uit of het zonnepaneel toen in de zon of in de schaduw lag.

....

....

f Een dag later wordt dezelfde proef nog eens gedaan. Nu schijnt de hele dag de zon.
Nergens is er een wolkje te zien.
Teken in afbeelding 4 hoe de grafiek er nu uit komt te zien.



afbeelding 4 Het vermogen van een zonnepaneel van uur tot uur.

4 Hout wordt veel gebruikt als brandstof en niet alleen bij mensen thuis. Veel Nederlandse energiecentrales worden gedeeltelijk gestookt op houtsnippers.

a Hoe noem je de soort energie die in hout is opgeslagen?

....

b Bij welke energie-omzetting ontstaat deze soort energie?

.... (in zonlicht) → .... (in hout)

c Het rendement van deze energie-omzetting ligt onder 1%.
Leg uit wat dit betekent.

....

....

....

d Je kunt een stuk grond gebruiken om er bomen te laten groeien en om het hout van die bomen als brandstof te gebruiken. Je kunt op hetzelfde stuk grond ook zonnepanelen neerzetten.
Leg uit welke keuze de grootste hoeveelheid bruikbare energie oplevert.

....

....

....

....

....

....

5 Op 10 juni 2021 werd de zon, gezien vanuit Nederland, gedeeltelijk verduisterd. Hierdoor dreigde er een probleem voor de elektriciteitsvoorziening in Nederland.
Lees de tekst van afbeelding 5 over dit probleem.

a Vul in wat wordt bedoeld met 'een plotselinge dip van 800 MW'.

Een plotselinge daling met 800 MW van het elektrisch ....

dat de .... in Nederland aan het elektriciteitsnet leveren.

b Leg uit hoe een gedeeltelijke zonsverduistering zo'n plotselinge dip kan veroorzaken.

....

....

....

....

c Leg uit waarom toenemende bewolking die voor de zon schuift, niet tot zo'n plotselinge dip leidt.

....

....

....

....

d Welk type centrale kan blijkbaar snel reageren op een hogere vraag naar elektrisch vermogen? Waar maak je dat uit op?

....

....

....

e Vanuit natuurkundig oogpunt klopt het taalgebruik in het bericht niet.
Wat is de natuurkundig juiste omschrijving van '400 megawatt aan stroom'?

....

....

afbeelding 5 Een bericht over de gedeeltelijke zonsverduistering van 20 juni 2021.

Zonsverduistering probleem voor zonnepanelen

Door de gedeeltelijke zonsverduistering valt in korte tijd een flink deel van het zonlicht weg, juist op een moment van de dag dat het elektriciteitsverbruik toeneemt. "Als het donderdag een zonnige dag is, kan er een plotselinge dip van 800 megawatt komen. Dat is meer dan het stroomverbruik in Amsterdam" legt een woordvoerder van TenneT uit.
Daarom heeft het bedrijf 400 megawatt aan stroom ingekocht, vooral bij gascentrales. Dit moet zorgen dat de stroomvoorziening op peil blijft. Dat TenneT geen 800 megawatt heeft ingekocht, komt doordat de beheerder altijd al 'reservestroom' tot zijn beschikking heeft.

bron: www.nu.nl, 9 juni 2021

Werken als adviseur duurzaamheid — beroep



De energietransitie gaat de komende jaren in Nederland duizenden nieuwe banen opleveren. “Een van die banen is voor mij, zeker weten!” zegt Sanne (21) zelfverzekerd. Sanne is tweedejaars student aan de nieuwe BOL-opleiding Commercieel Energie Technicus (mbo niveau 4). “Ik vind natuurkunde en techniek leuk, maar contact met mensen is voor mij ook belangrijk. Dat zit allebei in deze opleiding.” Ze weet nog niet voor welke specialisatie ze gaat kiezen: biovergisting, waterstof, zon en wind of warmtepompen. “Maar ik ga straks stage lopen bij een bedrijf dat zonnepanelen verkoopt en installeert. Dat lijkt me erg leuk, dus wie weet wordt dat het wel.”

6 Lees de tekst ‘Werken als adviseur duurzaamheid’.
Jesse en Ingrid willen zonnepanelen op hun dak laten leggen. Een adviseur helpt hen om de beste plaats voor de panelen te bepalen. Daarbij kijkt ze naar de richting van de panelen en de helling van het dak. Zie afbeelding 6 voor meer informatie.

a Wanneer leveren zonnepanelen hun grootste jaaropbrengst?

....

....

b Wanneer is de opbrengst van zonnepanelen het laagst?

....

....

c Jesse en Ingrid laten de zonnepanelen op hun dak leggen. Het dak ligt op het oosten en heeft een hellingshoek van 45°.
Hoe groot is de opbrengst van hun zonnepanelen, vergeleken met de hoogst haalbare opbrengst?

....

....

d Jesse en Ingrid laten 12 m^2 zonnepanelen op hun dak leggen. De zonnepanelen leveren dan genoeg energie voor hun energiebehoefte.
Stel dat het dak van hun huis recht op het zuiden had gelegen.
Toon aan dat Jesse en Ingrid dan genoeg hadden gehad aan 9 m^2 zonnepanelen.

....

....

....

....

....

....

....

afbeelding 6 De opstelling van zonnepanelen maakt uit voor hun opbrengst.



Richting van de panelen	Helling van het dak 15°	30°	45°	60°	75°	90°
West	85	80	75	70	60	55
Zuidwest	90	95	95	90	80	70
Zuid	95	100	100	95	85	70
Zuidoost	90	95	90	85	75	65
Oost	85	80	75	70	60	50
Noordoost	75	65	55	45	40	35
Noord	75	60	45	35	30	20
Noordwest	75	65	55	50	40	35

bron: www.milieucentraal.nl

7 In een onderzoek worden twee zonnepanelen met elkaar vergeleken, A en B. De zonnepanelen hebben een even groot oppervlak: 1,60 m^2. De panelen worden getest met licht van 1000 W/m^2 dat loodrecht op de panelen valt.

a Hoe groot is het opgenomen vermogen van elk paneel?

....

....

....

....

b Tijdens de test produceerde paneel A een elektrisch vermogen van 256 W en paneel B een elektrisch vermogen van 304 W.
Bereken het rendement van elk zonnepaneel.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

c Mensen die zonnepanelen op het dak van hun huis willen leggen, kiezen niet automatisch voor het paneel met het hoogste rendement.
Waar zouden ze nog meer op kunnen letten? Bedenk zelf mogelijkheden.

....

....

8  Lees het krantenartikel in afbeelding 7.

a Maak het energie-stroomdiagram van de energie-omzetting in zonnecellen in afbeelding 8 af. Geef de uitgaande pijlen de juiste hoogte.

b Noteer in elke pijl om welke soort energie het gaat. Noteer tussen haakjes hoeveel procent van de invallende stralingsenergie in deze energiesoort is omgezet.

c Waarom is het belangrijk dat het rendement van zonnecellen wordt vergroot?

....

....

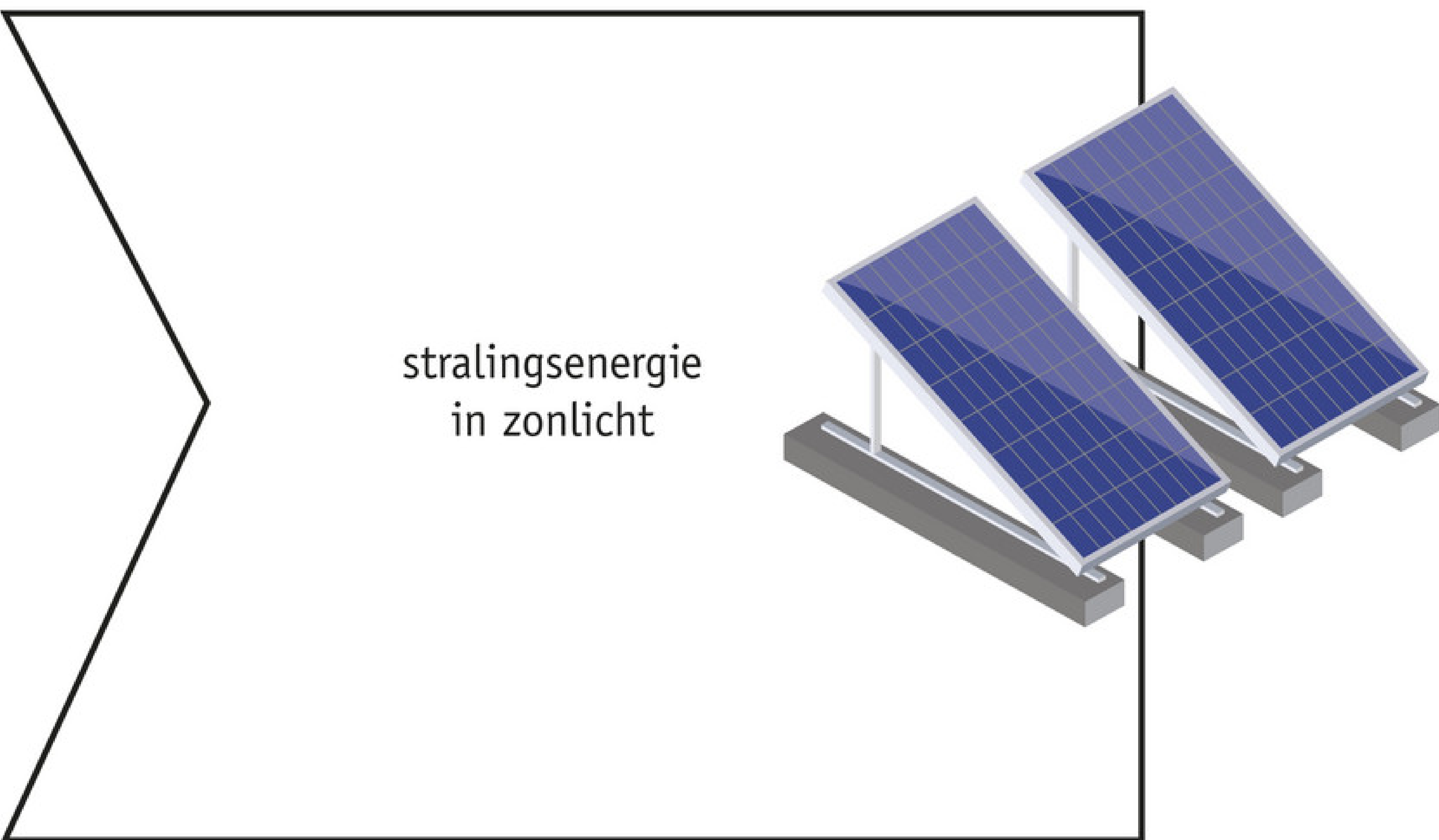
....

....

afbeelding 7 Experimentele zonnecellen halen recordrendement.

RECORD-ZONNECELLEN

Onderzoekers in de Verenigde Staten hebben zonnecellen gebouwd die 40% van het invallende zonlicht omzetten in elektriciteit. Niet eerder is zo'n hoog rendement gehaald. De zonnecellen bestaan uit zes soorten materialen verdeeld over 140 laagjes. Hierdoor kan een groter deel van het binnenkomende licht worden omgezet in elektrische energie. In vergelijking met onze huidige zonnepanelen is de opbrengst zelfs meer dan twee keer zo hoog!



afbeelding 8 De energie-omzetting in een zonnecel.

★ 9 De Sloecentrale bij Vlissingen is een moderne gasgestookte centrale met een bijzonder hoog rendement: 58%.

a Het maximale elektrisch vermogen van de centrale is 870 MW.
Leg uit dat die 870 MW het afgegeven vermogen (P_{af}) van de centrale is.

....

....

....

....



b Zie de vaardigheid *Werken met formules*.
Toon aan dat het opgenomen vermogen van de Sloecentrale 1500 MW is, als de centrale op vol vermogen werkt.

....

....

....

....

....

....

c Gebruik *BINAS* tabel 19 *Verbrandingswarmte van enkele stoffen*.
Bereken hoeveel m^3 aardgas de Sloecentrale per seconde verstookt, als hij op vol vermogen werkt.

....

....

....

....

....

....

....

....



Test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Windenergie

LEERDOELEN

11.3.1 Je kunt voorbeelden geven van hoe bewegingsenergie praktisch wordt gebruikt.
11.3.2 Je kunt berekeningen uitvoeren met bewegingsenergie, massa en snelheid.
11.3.3 Je kunt benoemen welke energie-omzetting plaatsvindt in een windturbine.
11.3.4 Je kunt een eenvoudige manier beschrijven om een wisselspanning op te wekken.
11.3.5 Je kunt uitleggen hoe de wisselspanning van een fietsdynamo ontstaat.
11.3.6 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met het piekvermogen van een windturbine.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	11.3.1	11.3.2	11.3.3	11.3.4	11.3.5	11.3.6	1.3.1*
Onthouden	1bd	1c	2abcd			10b	
Begrijpen	1a		5e	6abcde	8ab	9bcd, 10a	10e
Toepassen	10d	3abcd, 4	5abcd	7	8c	9aef, 10c	
Analyseren			5f				

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Windmolenparken kun je zowel op land als op zee aanleggen. Welke voordelen zou het hebben om ze op zee te bouwen? Kun je ook nadelen bedenken?

BEWEGINGSENERGIE

Wind is bewegende lucht. Doordat lucht beweegt, heeft hij **bewegingsenergie**. Met een windmolen kun je die bewegingsenergie benutten. In het verleden werden windmolens onder andere gebruikt om graan te malen, hout te zagen en water weg te pompen (afbeelding 1). De moderne windmolens die je nu overal in Nederland ziet staan, wekken elektrische energie op.



afbeelding 1 Een historisch windmolenpark.

Hoe sneller iets beweegt, des te groter is de hoeveelheid bewegingsenergie. Dat geldt voor de wind, maar ook voor de vuisten van een bokser, het racket van een tennisser en de hamer van een klusser: hoe sneller ze bewegen, hoe meer energie ze hebben. Met die energie kun je dingen doen, zoals een tennisbal terugslaan of een spijker in een balk timmeren.

De hoeveelheid bewegingsenergie hangt niet alleen af van de snelheid; de massa speelt ook een rol. Hoe groter de massa, des te groter is de hoeveelheid bewegingsenergie. Dat merk je bijvoorbeeld als je een dikke spijker in een stuk hout slaat. Een zware hamer (grote massa) is veel effectiever dan een licht hamertje (kleine massa).

Je kunt de hoeveelheid bewegingsenergie (ook wel **kinetische energie** genoemd) berekenen met de formule:

$$E_k = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2$$

In deze formule is:
- E_k de bewegingsenergie van het voorwerp in joule (J);
- m de massa van het voorwerp in kilogram (kg);
- v de snelheid van het voorwerp in meter per seconde (m/s).

VOORBEELDOPDRACHT 1

Een boer slaat een paal de grond in voor een omheining (afbeelding 2). De kop van de paalhamer heeft een massa van 4,6 kg. De kop raakt de paal met een snelheid van 5,0 m/s.
Bereken de bewegingsenergie van de kop van de hamer op het moment dat hij de paal raakt.

gegevens $m = 4{,}6$ kg
$v = 5{,}0$ m/s

gevraagd $E_k = ?$ J

uitwerking $E_k = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2$
$= 0{,}5 \times 4{,}6 \times 5^2 = 2{,}3 \times 25 = 57{,}5$ J

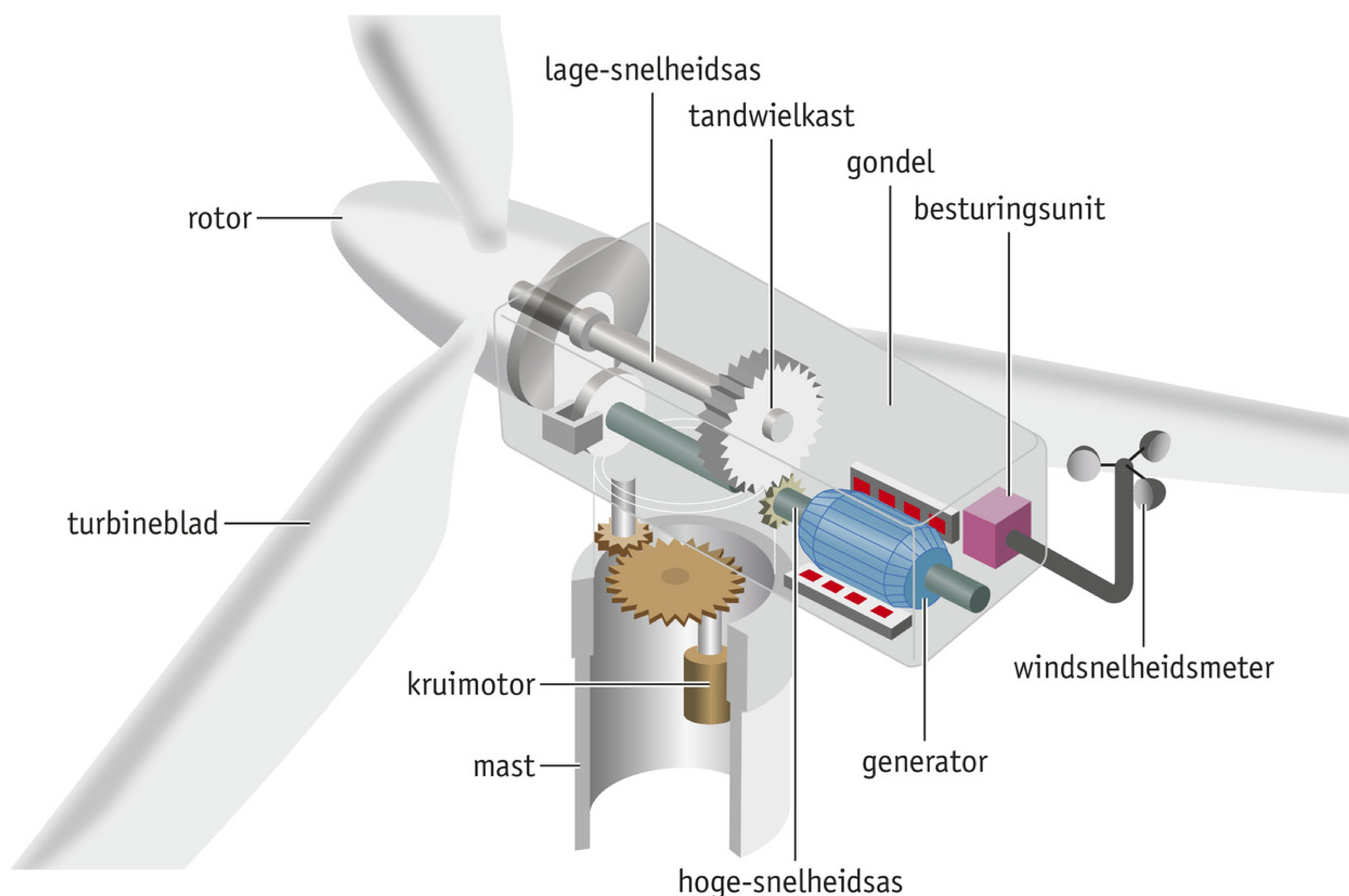


afbeelding 2 Een boer in actie met een paalhamer.

DE WIND ALS ENERGIEBRON

In afbeelding 3 zijn de belangrijkste onderdelen van een moderne windmolen getekend. Zo'n molen wordt ook wel een **windturbine** genoemd. Hij werkt als volgt:

1 De wind laat de bladen (wieken) van de windturbine draaien. De lage-snelheidsas, waaraan de bladen zijn bevestigd, draait mee.
2 Een tandwielenkast (een soort versnellingsbak) brengt de beweging van de lage-snelheidsas over op de hoge-snelheidsas. Het aantal omwentelingen per seconde wordt daarbij sterk opgevoerd.
3 De hoge-snelheidsas drijft op zijn beurt een generator aan. In de generator wordt dan elektrische energie opgewekt.
4 Een transformator verhoogt de spanning van de opgewekte elektrische energie tot 10 000 volt, zodat die efficiënt vervoerd kan worden.
5 De elektrische energie wordt daarna via het elektriciteitsnet geleverd aan woningen en bedrijven.



afbeelding 3 Een moderne windturbine.

BEWEGINGSENERGIE OMZETTEN

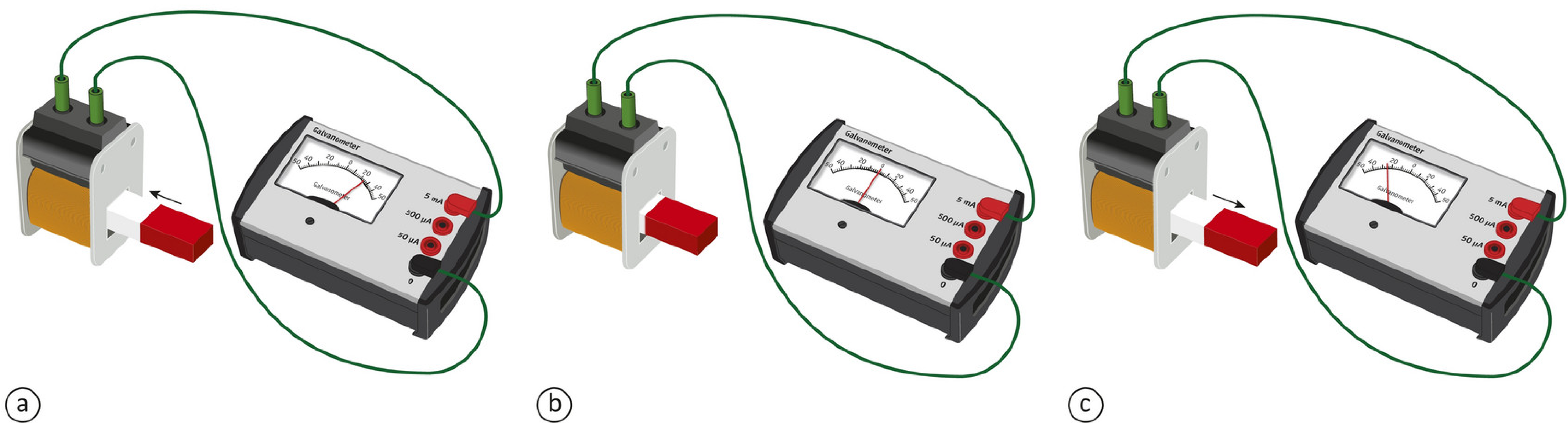
Een generator zet bewegingsenergie om in elektrische energie. Een dynamo zit eenvoudiger in elkaar dan een generator, maar werkt volgens hetzelfde basisprincipe. Als je de as van een dynamo laat draaien, wordt er in de dynamo een elektrische spanning opgewekt. Je kunt een fietslamp van elektrische energie voorzien door hem op die spanning aan te sluiten.

In afbeelding 4 zie je een eenvoudig model van een dynamo. Je hebt er maar twee onderdelen voor nodig: een spoel en een **permanente magneet**, een stuk metaal dat blijvend magnetisch is gemaakt. Je kunt deze eenvoudige 'dynamo' spanning laten leveren door de magneet in de spoel heen en weer te bewegen.

- In afbeelding 4a wordt de magneet in de spoel geschoven. De speciale stroommeter slaat daarbij uit naar rechts.
- In afbeelding 4b ligt de magneet in de spoel zonder te bewegen. Er loopt dan geen stroom door de stroomkring.
- In afbeelding 4c wordt de magneet weer uit de spoel gehaald. De speciale stroommeter slaat dan naar links uit.

Je ziet dat als het magneetveld in een spoel verandert, er een spanning ontstaat tussen de uiteinden van de spoel. Doordat het magneetveld steeds verandert, ontstaat er een steeds veranderende **wisselspanning**. Als je een apparaat op die spanning aansluit, verandert ook de stroom steeds van richting: er ontstaat een **wisselstroom**.

afbeelding 4 Spanning opwekken met een bewegende magneet.



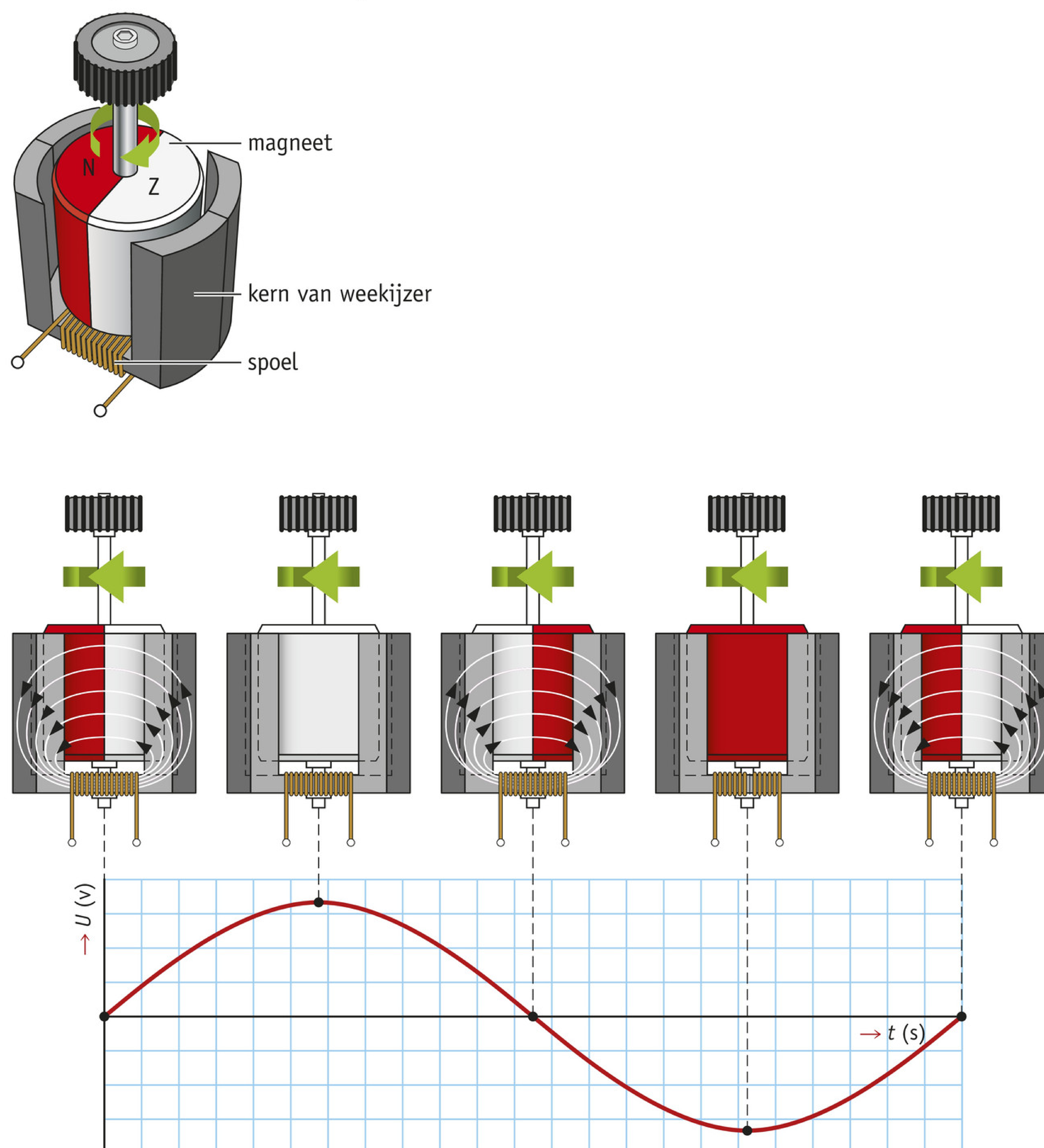
DE FIETSDYNAMO

In afbeelding 5 is getekend hoe een fietsdynamo werkt. Een permanente magneet magnetiseert een kern die van **weekijzer** is gemaakt. Dat is ijzer dat je gemakkelijk magnetisch kunt maken. Als je er een magneet bij houdt, wordt het snel magnetisch. Als je de magneet weghaalt, is de magnetisering even snel weer verdwenen.

Als de dynamo wordt aangedreven, begint de magneet te draaien. Daardoor wordt het weekijzer steeds op een andere manier gemagnetiseerd. Dat zie je aan de veldlijnen die in de kern zijn getekend. Het magneetveld in de spoel verandert steeds van grootte en richting. Zo wordt er een wisselspanning opgewekt tussen de uiteinden van de spoel.

Er zijn ook dynamo's waarin de spoel ronddraait, terwijl de magneet stilstaat. Ook in dat geval verandert het magneetveld in de spoel steeds van grootte en richting.

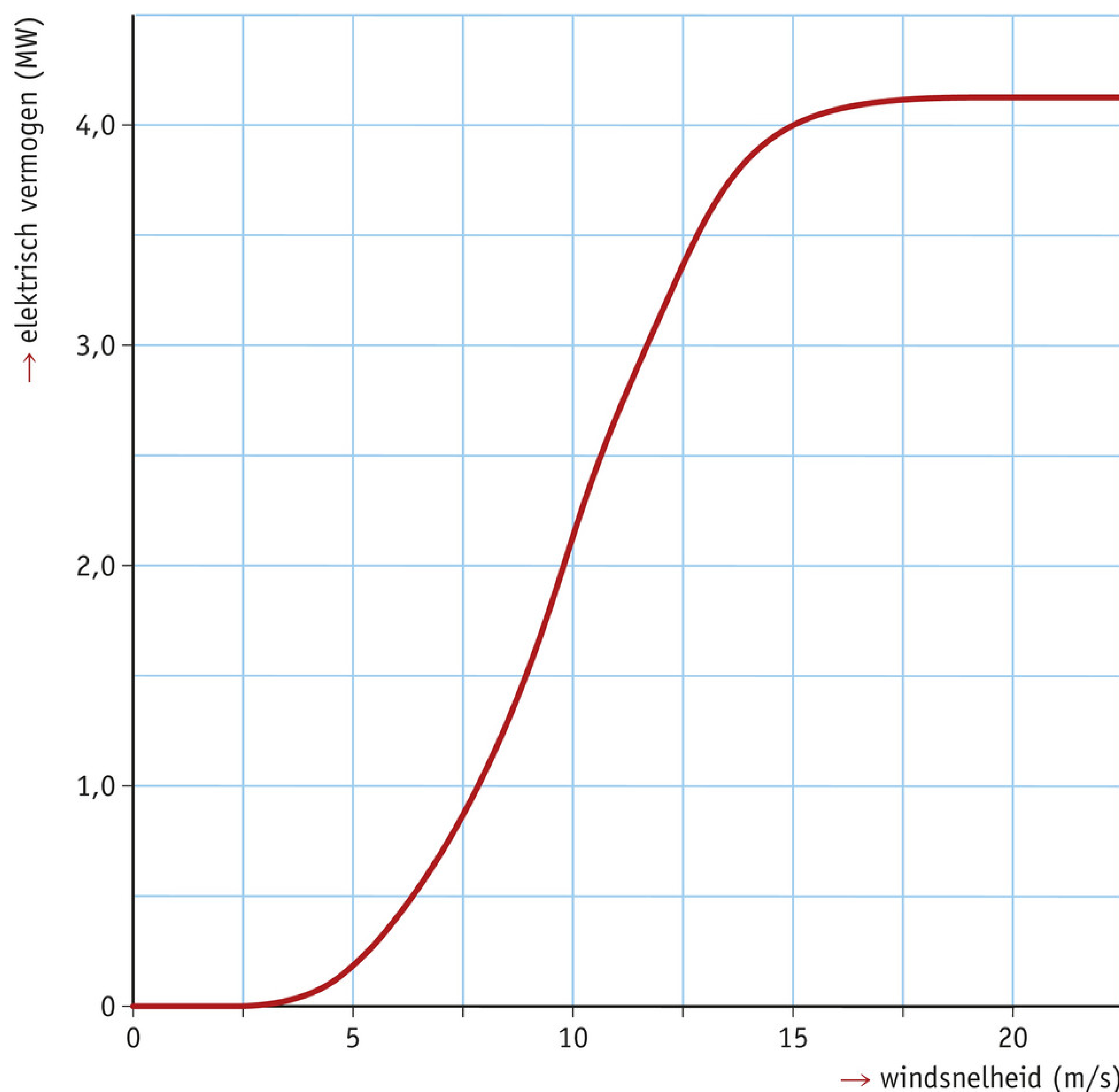
afbeelding 5 Zo werkt een fietsdynamo.



HET VERMOGEN VAN EEN WINDTURBINE

Een belangrijke eigenschap van een windturbine is het piekvermogen. Dat is het grootste elektrisch vermogen dat de windturbine kan leveren. Grote windturbines hebben een piekvermogen van ongeveer 5 MW (5 miljoen watt). Zo'n windturbine levert dus onder gunstige omstandigheden 5 miljoen joule (5 MJ) elektrische energie per seconde.

In afbeelding 6 is getekend hoe het vermogen van een windturbine afhangt van de windsterkte. Je ziet dat het vermogen snel stijgt bij toenemende windsnelheid. Bij 17 m/s (windkracht 7) levert de turbine 4,1 MW. Dit is het piekvermogen. Als het harder waait, neemt het elektrisch vermogen niet verder toe. Een computer in de windturbine zorgt ervoor dat de turbine niet 'op hol slaat'.



afbeelding 6 Het verband tussen de windsnelheid en het geleverde elektrisch vermogen.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Dingen die .... hebben bewegingsenergie.

b Een ander woord voor bewegingsenergie is .... energie.

c Je kunt de hoeveelheid bewegingsenergie berekenen met de formule:

....

d Wind is bewegende .... en heeft daarom ook bewegingsenergie.

2 Vul de onderdelen van een windturbine in.

a De .... gaan draaien als de wind ertegenaan blaast.

b De .... vergroot het aantal omwentelingen per seconde.

c De .... wekt elektrische energie op als de turbine draait.

d De .... verhoogt de spanning van die energie tot 10 000 volt.

TOEPASSING

3 Bereken de hoeveelheid kinetische energie:

a van een op afstand bestuurbare speelgoedauto met een massa van 1,6 kg en een snelheid van 3,0 m/s.

....

....

....

....

....

....

b van een tennisbal met een massa van 58 g en een snelheid van 180 km/h.

....

....

....

....

....

....

c van een e-bike met een massa van 78 kg (inclusief berijder) en een snelheid van 45 km/h.

....

....

....

....

....

....

d van een vrachtauto met een massa van $35 \cdot 10^3$ kg en een snelheid van 81 km/h.

....

....

....

....

....

....

4

Van een bepaald type grote windturbine is bekend dat bij een windsnelheid van 10 m/s iedere seconde $11 \cdot 10^4$ kg lucht de rotorbladen passeert.
Hoe groot is de bewegingsenergie van deze hoeveelheid lucht?

- ○ A $5{,}5 \cdot 10^5$ J
- ○ B $11 \cdot 10^5$ J
- ○ C $5{,}5 \cdot 10^6$ J
- ○ D $11 \cdot 10^6$ J

5

De kaart in afbeelding 7 is gemaakt om geschikte gebieden te vinden voor het plaatsen van windmolens. Hij laat zien hoe groot de gemiddelde windsnelheid op 100 m hoogte is.

a Waarom zou ervoor gekozen zijn om de gemiddelde windsnelheid op 100 m hoogte weer te geven?

....

....

....

b Hoe komt het dat de gemiddelde windsnelheid in het binnenland duidelijk kleiner is dan in de kuststreek?

....

....

c In welke drie provincies zullen windturbines de hoogste opbrengst opleveren?

....

....

d In welke drie provincies zal de opbrengst van windturbines het laagst zijn?

....

....

e In de duinen langs de kust is de gemiddelde windsnelheid gunstig voor windturbines.
Waarom worden er toch niet overal in de duinen windturbines neergezet?

....

....

....

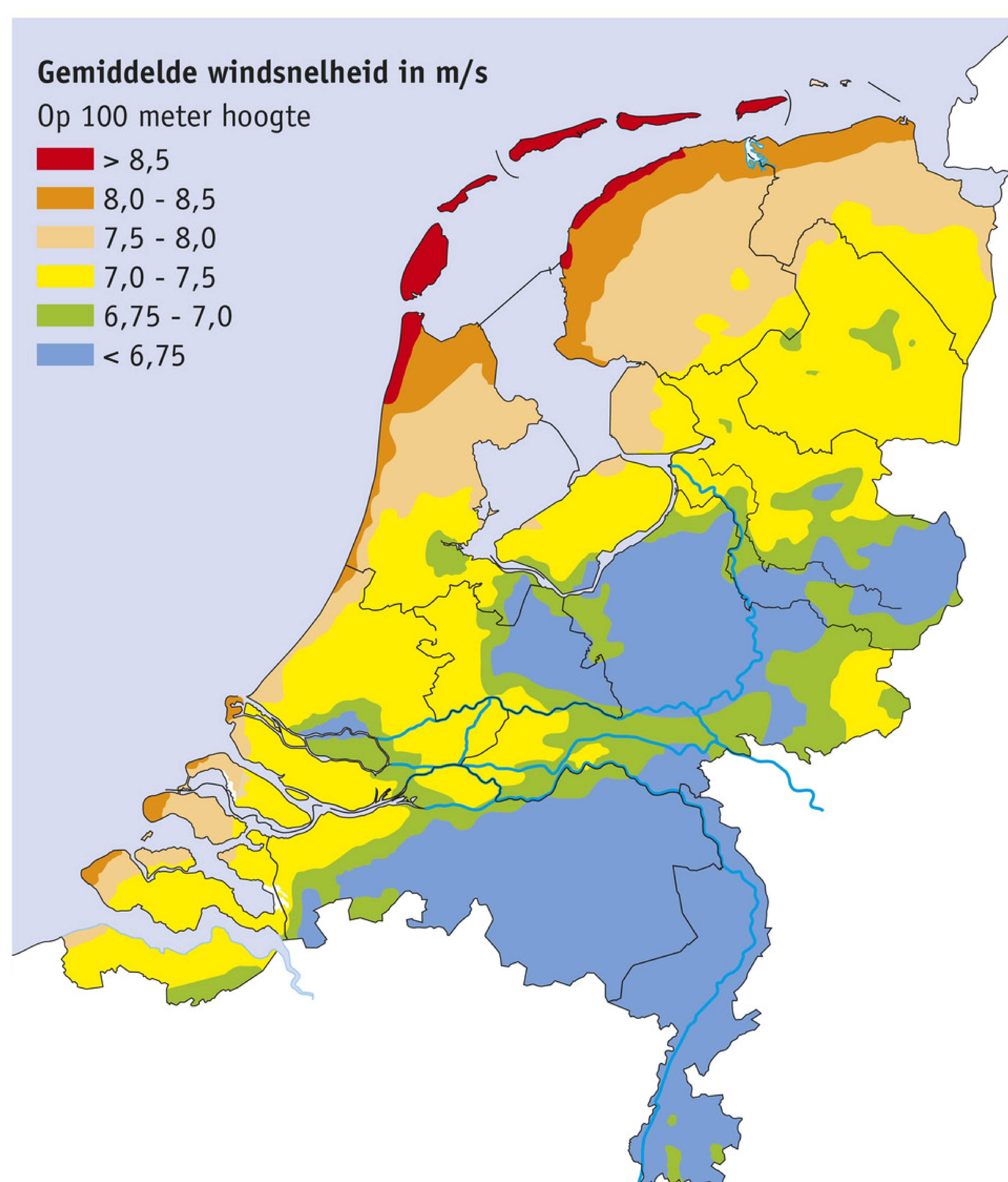
f Windturbines worden ook vaak in de Noordzee geplaatst, 10 km of meer uit de kust.
Welke voordelen heeft dat? Noteer er twee.

....

....

....

....



afbeelding 7 Zo hard waait het gemiddeld in Nederland.

6 Stefan doet de proef die in afbeelding 8 is getekend. De speciale stroommeter slaat uit als Stefan de magneet laat draaien. Als deze stroommeter verder uitslaat, betekent dat ook dat de spanning die wordt opgewekt groter is.
Wat gebeurt er met de opgewekte spanning als Stefan:

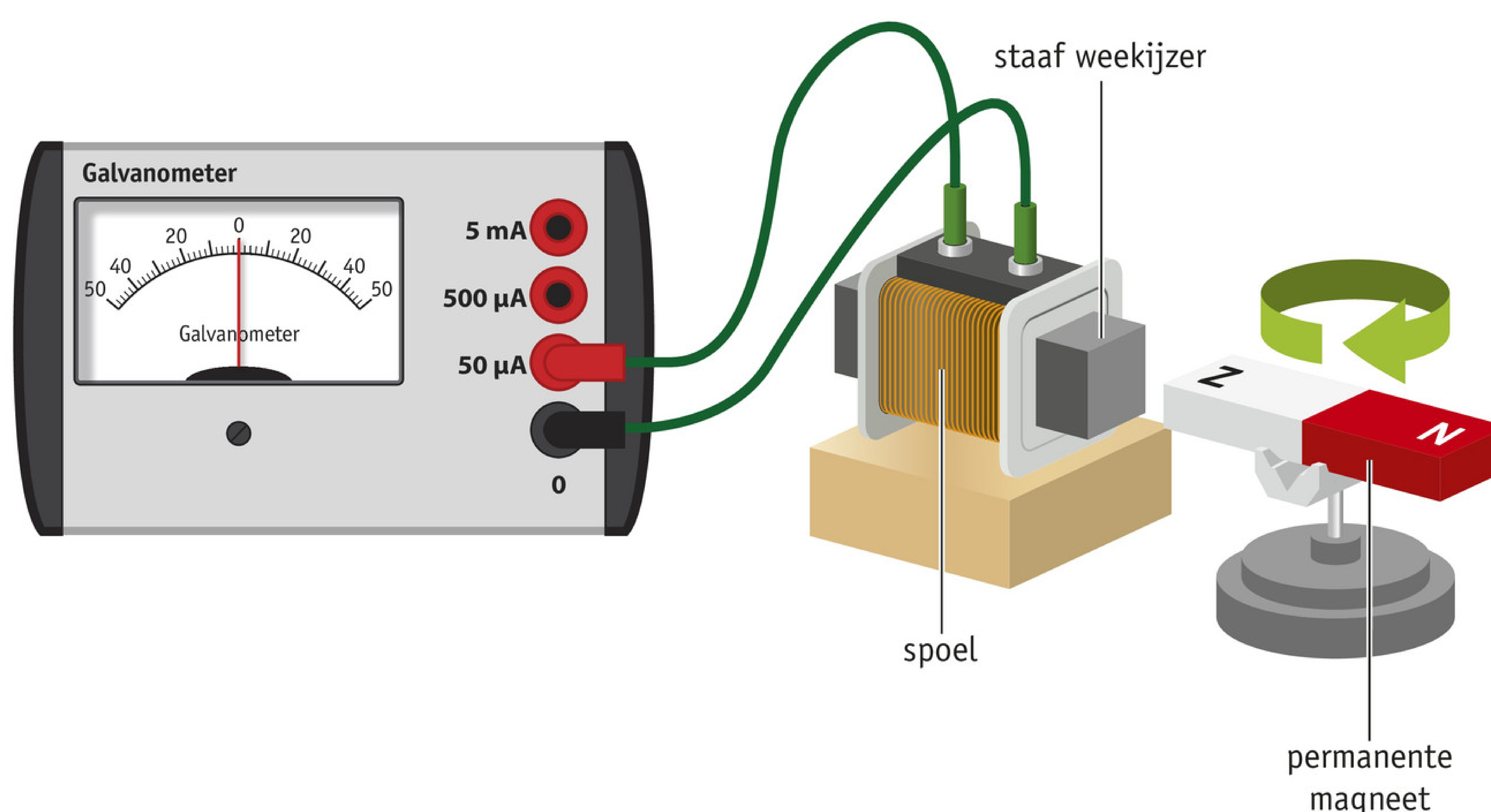
a de staaf weekijzer vervangt door een aluminium staaf?
De spanning *wordt groter* / *wordt kleiner* / *verandert niet*.

b de permanente magneet sneller laat ronddraaien?
De spanning *wordt groter* / *wordt kleiner* / *verandert niet*.

c de staaf weekijzer uit de spoel weghaalt?
De spanning *wordt groter* / *wordt kleiner* / *verandert niet*.

d de permanente magneet dichter bij de spoel zet?
De spanning *wordt groter* / *wordt kleiner* / *verandert niet*.

e de magneet vervangt door een sterkere magneet?
De spanning *wordt groter* / *wordt kleiner* / *verandert niet*.

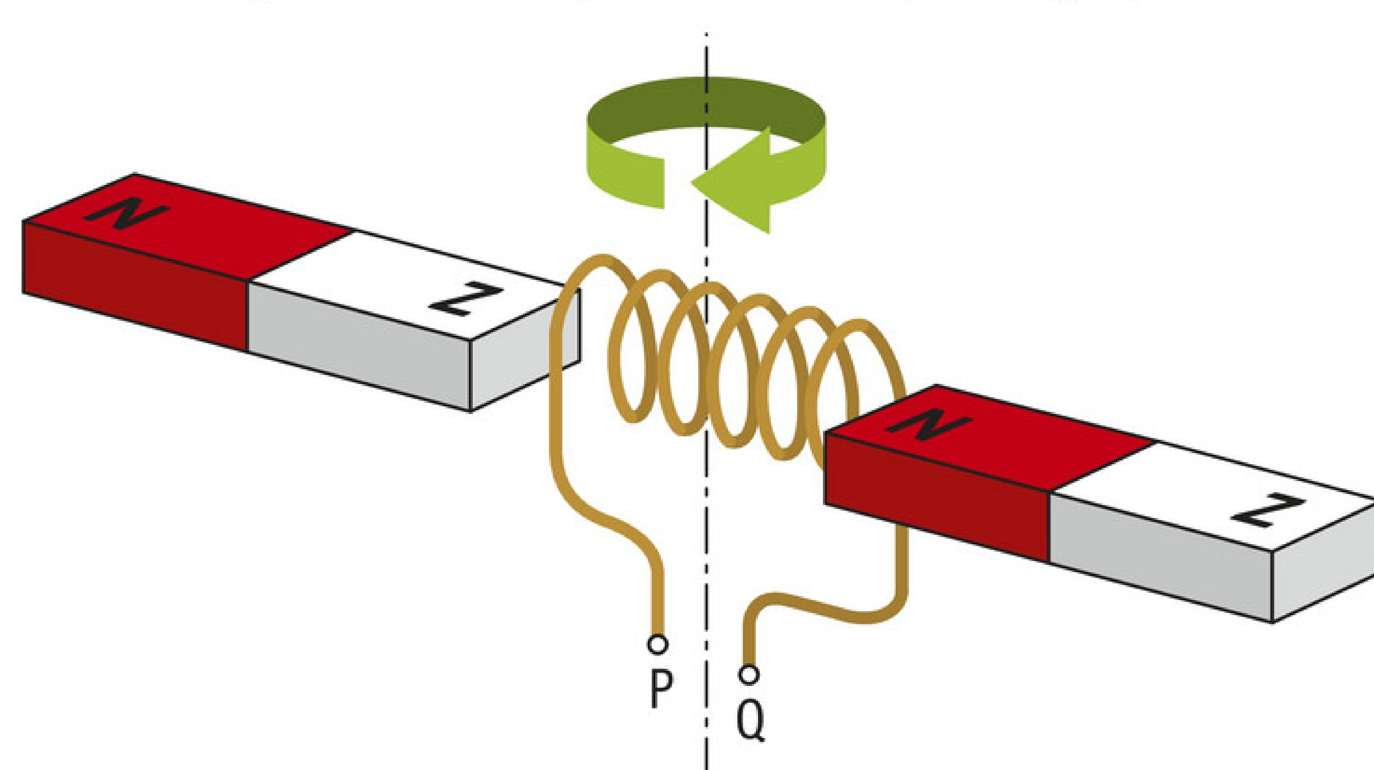


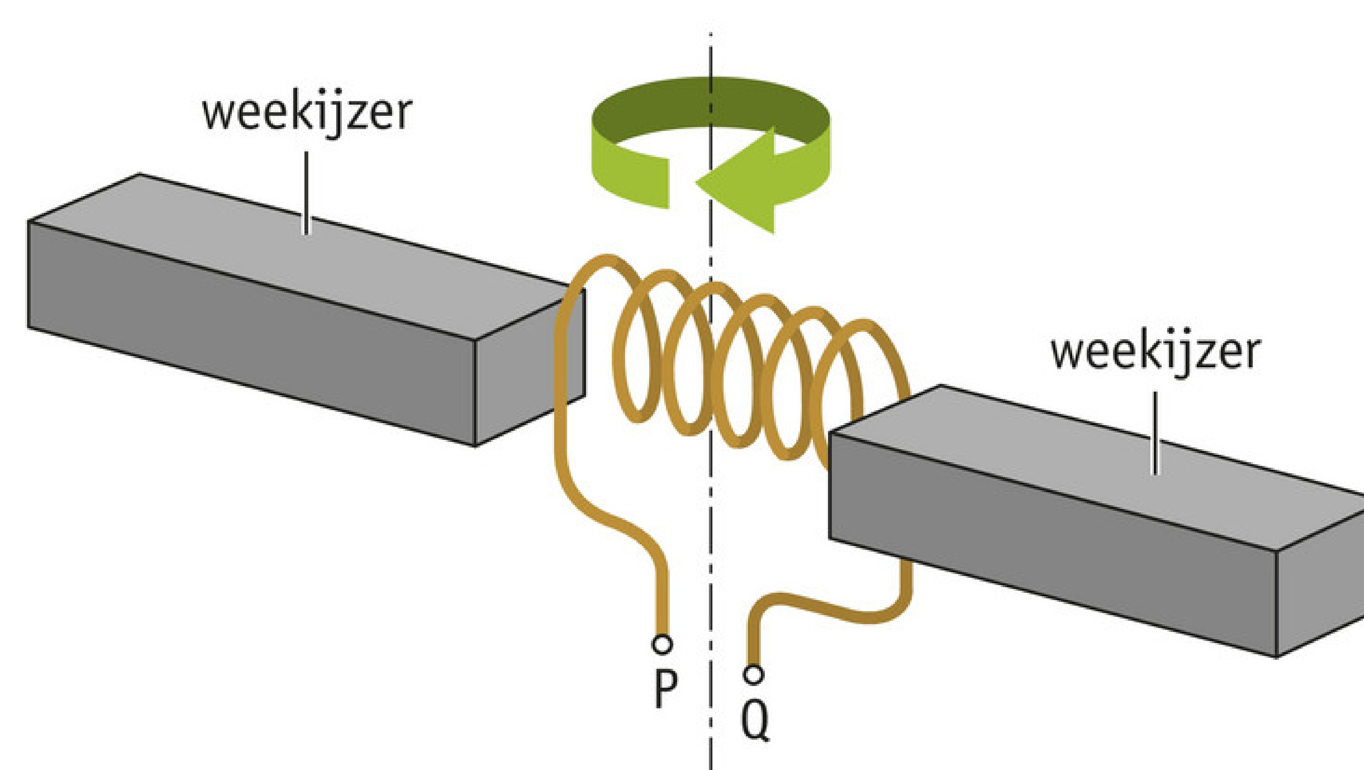
afbeelding 8 Een proef met een dynamomodel.

7 Neci onderzoekt op welke manier ze een spanning kan opwekken. Ze maakt twee verschillende opstellingen (afbeelding 9). In afbeelding 9a draait een spoel tussen de polen van twee magneten. In afbeelding 9b zijn de magneten vervangen door stukken weekijzer.
Met welke opstelling kun je een wisselspanning opwekken tussen P en Q?

○ A alleen met de opstelling in afbeelding 9a
○ B alleen met de opstelling in afbeelding 9b
○ C met beide opstellingen
○ D met geen van beide opstellingen

afbeelding 9 Hoe kun je een wisselspanning opwekken?





8  Een lampje is aangesloten op de polen P en Q van een dynamo. In afbeelding 10a is aangegeven hoe de spanning tussen P en Q verandert. Als die spanning positief is, loopt de stroom van P naar Q.

a Geef in afbeelding 10b de stroomrichting aan op t = 3 ms.

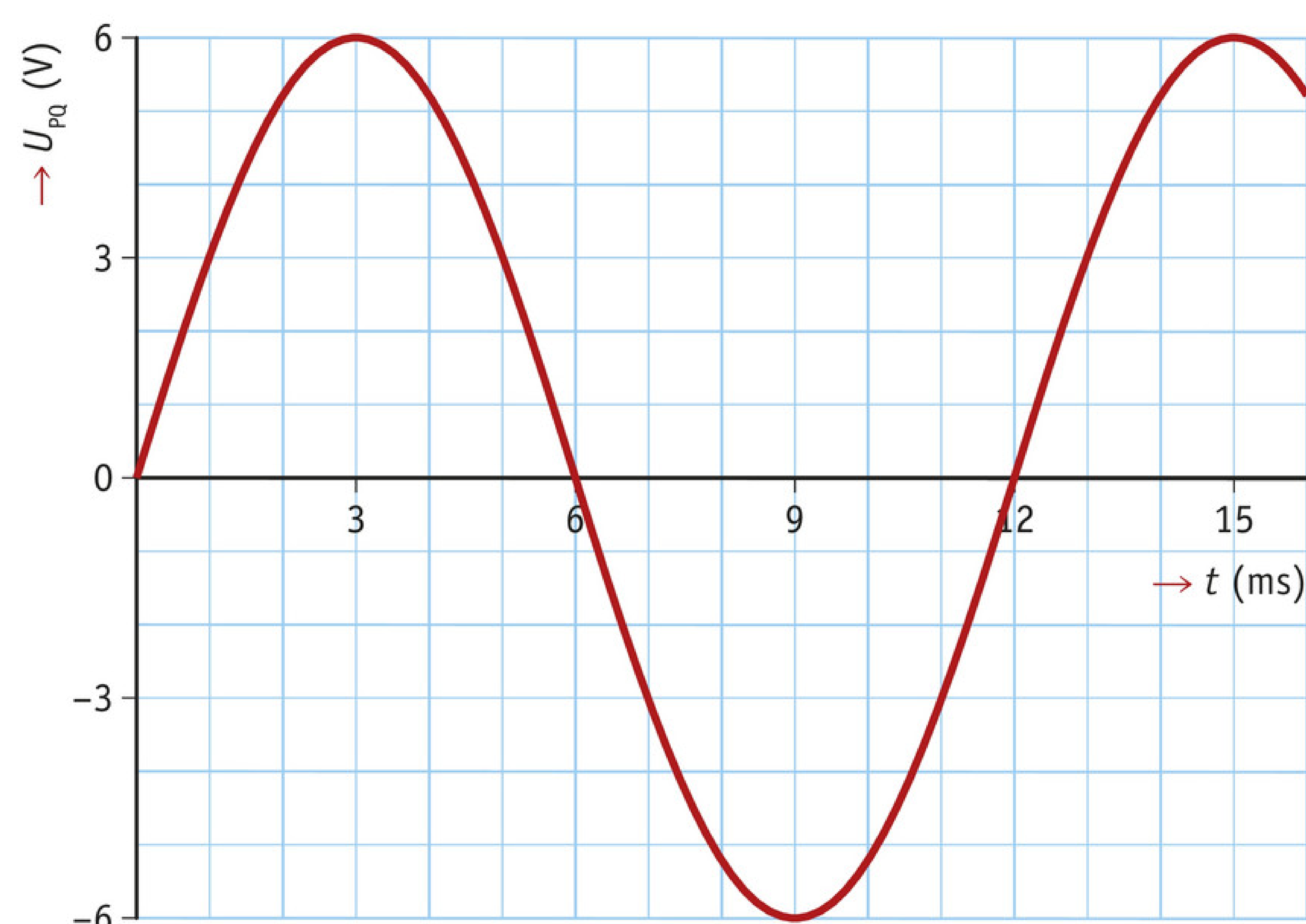
b Geef in afbeelding 10c de stroomrichting aan op t = 9 ms.

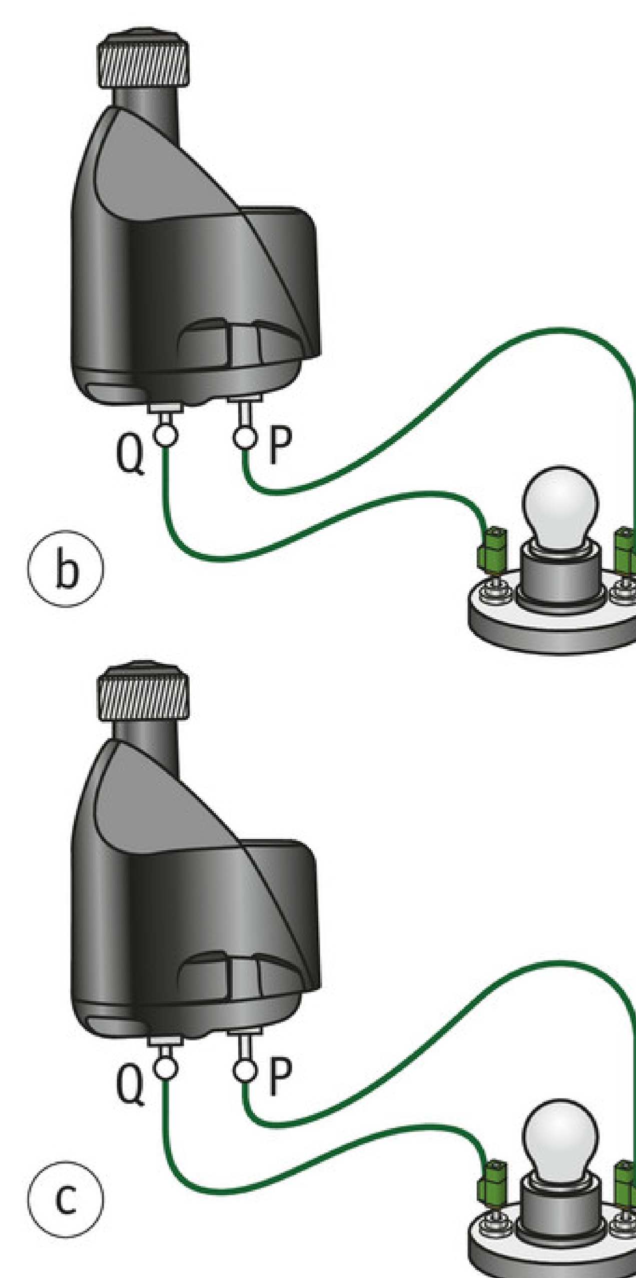
c Op welke momenten loopt er helemaal geen stroom door het lampje?

....

....

afbeelding 10 Wisselspanning en wisselstroom.





★ 9  Een onderzoeksbureau heeft een windturbine getest. In tabel 1 zie je enkele meetresultaten.

tabel 1 Windsnelheid en vermogen.

v_{wind} (m/s)	P_{el} (MW)
0	0,0
2	0,0
4	0,04
6	0,46
8	1,22
10	2,34
12	3,44
14	4,23
16	4,48
18	4,50
20	4,50
22	4,50
24	4,50



a Zie de vaardigheid *Werken met tabellen en grafieken*.
Teken in afbeelding 11 een grafiek van deze meetresultaten.

b Hoe groot is het piekvermogen van de geteste windturbine?

....

c Bij welke windsnelheid wordt het piekvermogen bereikt?

....

d Bij windkracht 6 (krachtige wind) is de windsnelheid ongeveer 12 m/s.
Welk vermogen levert de windturbine dan?

....

e Hoeveel procent van het piekvermogen levert de windturbine bij windkracht 6?

....

....

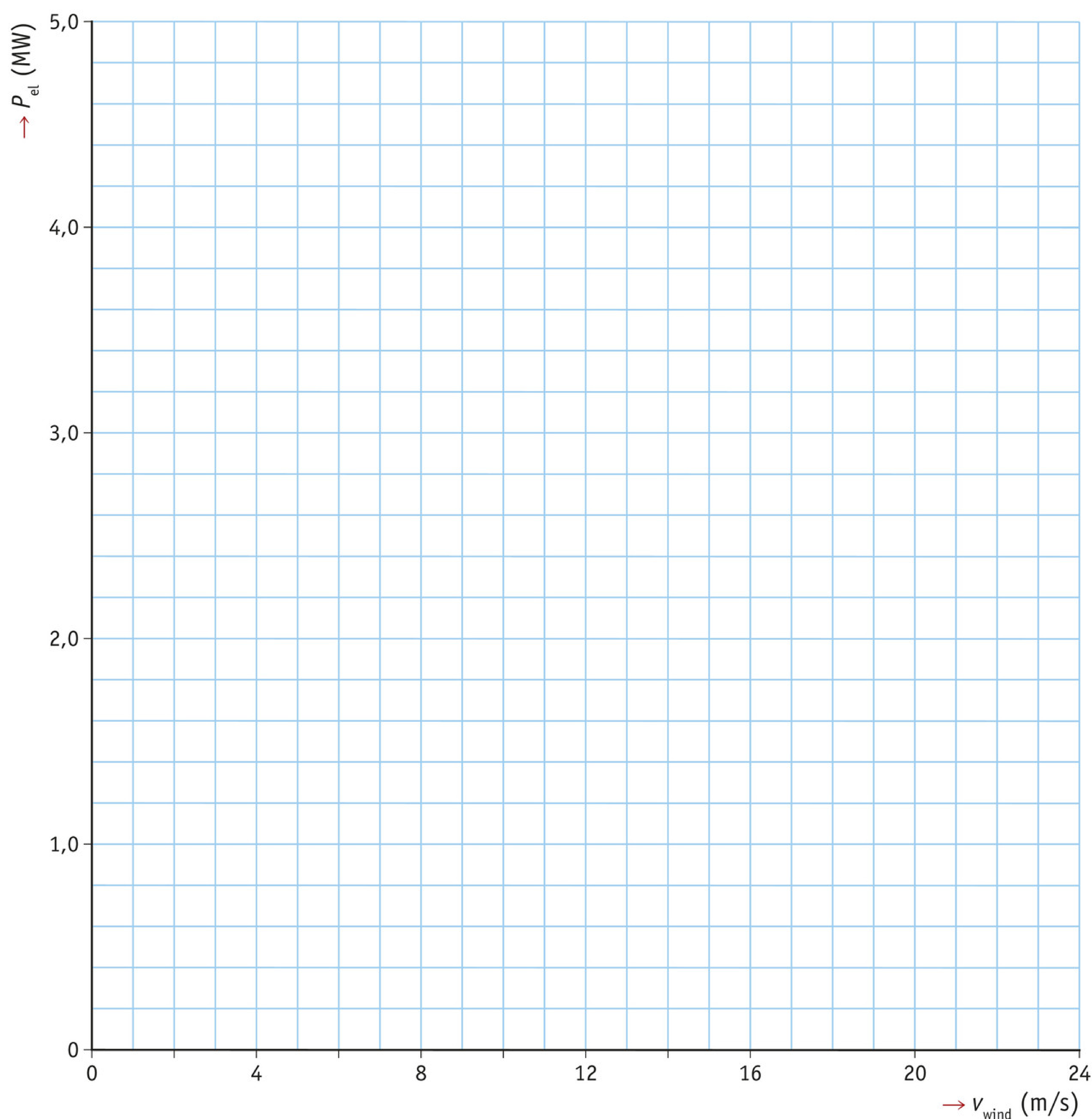
....

....

f Bij welke windsnelheid levert de molen 25% van zijn piekvermogen?

....

....



afbeelding 11 Het verband tussen windsnelheid en elektrisch vermogen.

10 Lees de tekst in afbeelding 12. Deze is afkomstig van een internetsite over een groot windenergieproject.

a Hoe groot is het maximale elektrisch vermogen van één windturbine?

...

...

...

b Het maximale elektrisch vermogen wordt ook wel het .... genoemd.

c Als de windturbines van windpark Gemini op het vasteland waren geplaatst, zou hun opbrengst duidelijk lager zijn.
Hoe komt het dat ze dan minder elektrische energie produceren?

...

...

...

...

d In de tekst van afbeelding 12 staat dat windpark Gemini ‘achter de horizon’ ligt. Wat wordt daarmee bedoeld?

e Volgens de tekst produceert het windpark elk jaar 9,4 TJ (2,6 miljard kWh) aan groene stroom. Maar dat is natuurkundig gezien geen juiste omschrijving.
Geef een omschrijving van ‘groene stroom’ die duidelijk én juist is.

afbeelding 12 Windenergie van zee.

Offshore windpark Gemini

Windpark Gemini ligt op de Noordzee. Met een totale capaciteit van 600 MW is dit een van de grootste windparken van Europa. De 150 windmolens van windpark Gemini produceren ieder jaar 9,4 TJ (2,6 miljard kWh) aan groene stroom. Dit komt overeen met de energiebehoefte van de huishoudens in de drie noordelijke provincies bij elkaar.



Windpark Gemini ligt ver weg in de Noordzee, achter de horizon, op 85 kilometer boven de Groningse kust bij Schiermonnikoog. Op deze locatie in de Noordzee worden de hoogste en meest constante windsnelheden bereikt. De gemiddelde windsnelheid is 36 km per uur.

naar: www.hvcgroep.nl

Test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Waterkracht

LEERDOELEN

11.4.1 Je kunt uitleggen hoe een waterkrachtcentrale zwaarte-energie omzet in elektrische energie.
11.4.2 Je kunt berekeningen uitvoeren met zwaarte-energie, massa en hoogte.
11.4.3 Je kunt in berekeningen het verband tussen zwaarte-energie en bewegingsenergie toepassen.
11.4.4 Je kunt uitleggen op welke vier punten je energiebronnen met elkaar kunt vergelijken.
11.4.5 Je kunt voor- en nadelen noemen van de energiebronnen die in Nederland worden gebruikt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	11.4.1	11.4.2	11.4.3	11.4.4	11.4.5	11.2.6*	1.3.1*	7.4.3*
Onthouden	1abcd	2abc						
Begrijpen				8ac	8b, 9abcd		6d	
Toepassen	5abc	3abcd, 4, 6c	7	8d	9e	6e		6b
Analyseren	6a							

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

In veel landen wordt energie gehaald uit meren vol water. Nederland is een waterland met veel meren. Toch is het niet goed mogelijk om dit water als energiebron te gebruiken. Hoe komt dat?

ELEKTRICITEIT UIT EEN STUWMEER

In bergachtige gebieden worden vaak stuwdammen aangelegd. In een dal waar een rivier doorheen loopt, wordt een hoge dam gebouwd. Als de dam af is, houdt hij het water van de rivier tegen. Het dal voor de dam loopt dan langzaam vol. Na verloop van tijd ontstaat een diep stuwmeer (afbeelding 1).

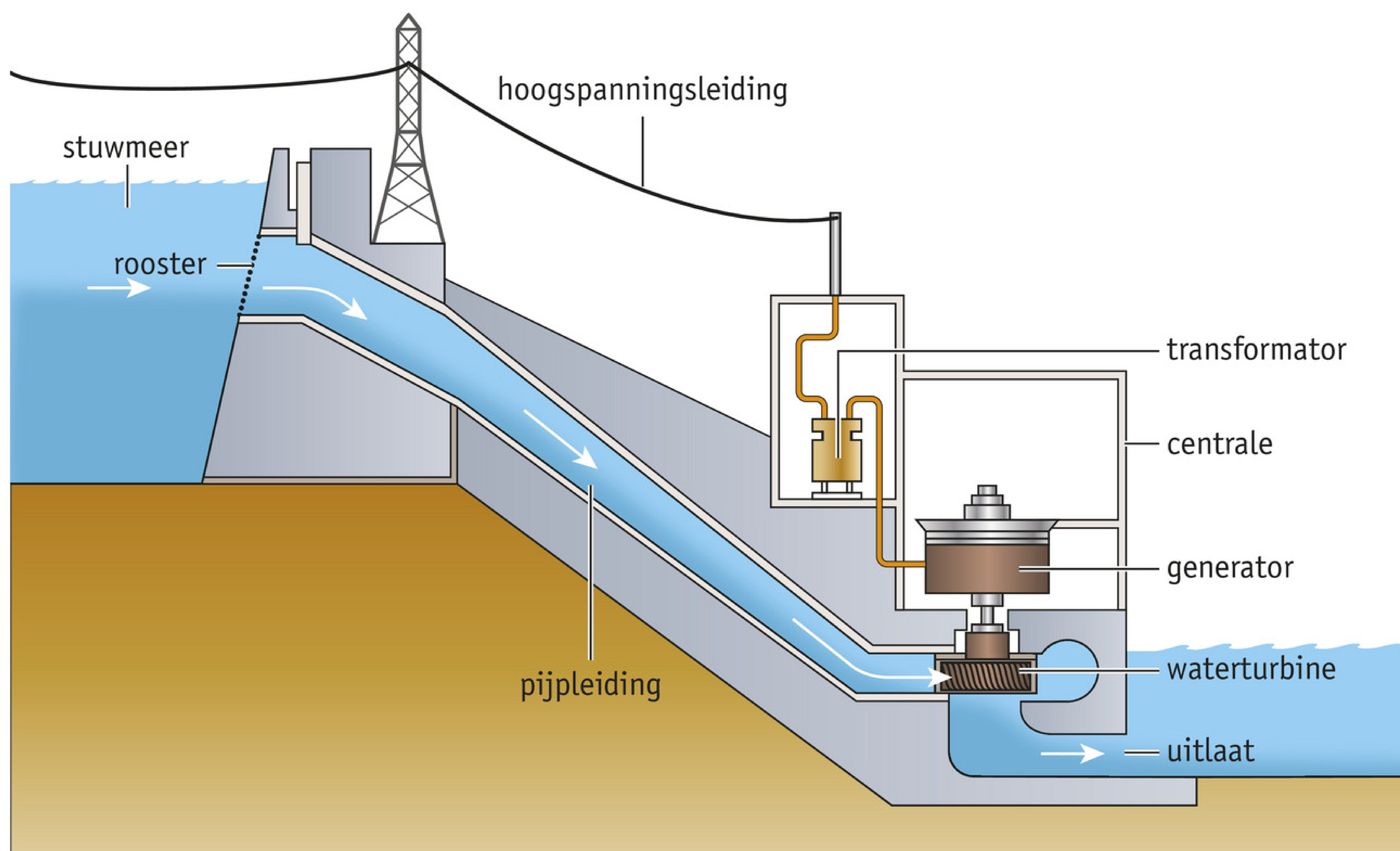


afbeelding 1 Een stuwmeer in de rivier Dunajec in Polen.

Meestal wordt in een stuwdam een **waterkrachtcentrale** gebouwd. Als het water in het meer hoog genoeg staat, kan deze centrale opgestart worden. Er worden kleppen opengezet zodat er water uit het meer kan stromen. Zo wordt het waterpeil in het meer constant gehouden. Het wegstromende water wordt gebruikt om in de centrale elektriciteit op te wekken.

Een waterkrachtcentrale zet de energie van water in het stuwmeer om in elektrische energie. In afbeelding 2 zie je hoe een waterkrachtcentrale werkt:

1 Via pijpleidingen stroomt het water van het stuwmeer omlaag naar de centrale.
2 Het stromende water brengt de schoepen van een waterturbine in beweging.
3 De **waterturbine** drijft een generator aan waarmee elektrische energie wordt opgewekt.
4 De elektrische energie wordt via het elektriciteitsnet aan woningen en bedrijven geleverd.



afbeelding 2 Zo werkt een waterkrachtcentrale.

ZWAARTE-ENERGIE

Zwaarte-energie (ook wel **potentiële energie** genoemd) ontstaat doordat er een hoogteverschil is. Een voorwerp dat gewoon op de grond staat, heeft geen zwaarte-energie. Hoe verder een voorwerp zich daarboven bevindt, des te meer zwaarte-energie het heeft. Je kunt de hoeveelheid zwaarte-energie berekenen met de formule:

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

In deze formule is:

- E_z de zwaarte-energie van het voorwerp in joule (J);
- m de massa van het voorwerp in kilogram (kg);
- g de zwaartekracht per massa-eenheid in Newton per kilogram (N/kg);
- h de hoogte van het voorwerp in meter (m).

Bij een waterkrachtcentrale staat de letter m voor de massa van het water dat wegstroomt via de centrale. De letter h staat voor het hoogteverschil tussen het wateroppervlak van het meer en de onderkant van de stuwdam. Hoe groter de massa van het wegstromende water en hoe groter het hoogteverschil, des te meer zwaarte-energie de centrale verbruikt.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Door een waterkrachtcentrale stroomt elke seconde 600 m^3 water. Het hoogteverschil tussen het waterniveau voor en na de dam is 80 m.
Bereken hoeveel zwaarte-energie de centrale per seconde verbruikt. Zoek eerst de dichtheid van water op in Binas.

gegevens $V = 600\ m^3$
$\rho = 1{,}00\ g/cm^3 = 1000\ kg/m^3$
$h = 80\ m$
$g = 10\ N/kg$

gevraagd $E_z = ?\ J$

uitwerking $m = \rho \cdot V = 1000 \times 600 = 6{,}0 \cdot 10^5\ kg$

$E_z = m \cdot g \cdot h$
$= 6{,}0 \cdot 10^5 \times 10 \times 80 = 4{,}8 \cdot 10^8\ J = 480\ MJ$

In Nederland zijn geen grote hoogteverschillen. Waterkracht wordt daarom maar beperkt toegepast. Maar Nederland importeert wel elektrische energie uit Noorwegen die met waterkracht is opgewekt (afbeelding 3). Daardoor is waterkracht belangrijker voor de Nederlandse energievoorziening dan je zou verwachten.



afbeelding 3 Hoogspanningsleidingen bij een waterkrachtcentrale in Noorwegen.

ZWAARTE-ENERGIE EN BEWEGINGSENERGIE

Zwaarte-energie kan gemakkelijk worden omgezet in bewegingsenergie, en omgekeerd. Als je een bal omhoog schopt bijvoorbeeld, neemt zijn bewegingsenergie snel af. Tegelijk neemt zijn zwaarte-energie toe. Op het hoogste punt heeft de bal alleen nog maar zwaarte-energie. Daarna neemt zijn bewegingsenergie weer toe en zijn zwaarte-energie weer af, terwijl hij naar beneden valt.

Als je de luchtweerstand verwaarloost, geldt voor deze energie-omzetting:

E_z op het hoogste punt = E_k op het laagste punt

Met deze regel kun je een verband leggen tussen de beginsnelheid van de bal en de bereikte hoogte.

VOORBEELDOPDRACHT 2

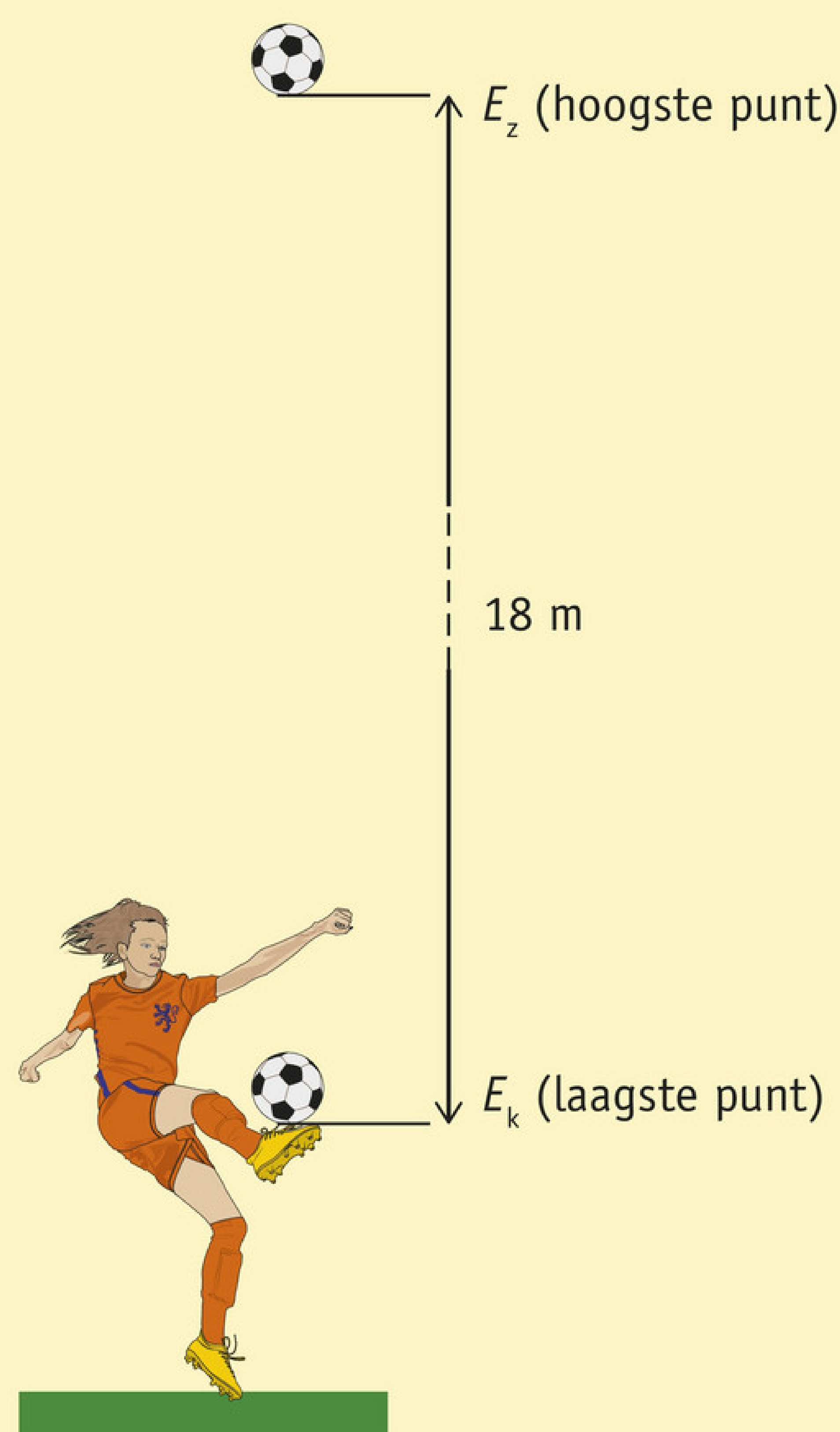
Lieke schopt een voetbal recht omhoog (afbeelding 4). De bal bereikt een hoogte van 18 m. Bereken de snelheid (in km/h) die Lieke de bal meegaf. Je mag de hoogte verwaarlozen die de bal op het moment van trappen al had.

gegevens h = 18 m
g = 10 N/kg

gevraagd v = ? km/h

uitwerking E_k op het laagste punt = E_z op het hoogste punt

$$0{,}5 \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \quad (\times 2)$$
$$m \cdot v^2 = 2 \cdot m \cdot g \cdot h \quad (: m)$$
$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h$$
$$v^2 = 2 \times 10 \times 18 = 360$$
$$v = \sqrt{360} = 19 \text{ m/s} = 68 \text{ km/h}$$



afbeelding 4 De trap van Lieke.

ENERGIEBRONNEN VERGELIJKEN

Elke energiebron heeft voordelen en nadelen. Als je energiebronnen met elkaar vergelijkt, let je op de volgende vier punten:

- Hoeveel kost de energie die je uit de energiebron haalt?
  Elektriciteit uit zonne-energie en windenergie was vroeger duur, vergeleken met elektriciteit uit fossiele brandstoffen. De overheid moest toen subsidies geven, anders waren zonnepanelen en windturbines niet rendabel. Nu liggen de prijzen veel dichter bij elkaar.

- Kan de energiebron op den duur uitgeput raken?
  De voorraden fossiele brandstoffen zijn eindig. Op een gegeven moment zullen ze uitgeput raken en dan is het: ‘op is op’. Met windenergie en zonne-energie is dat anders. De zon komt elke dag weer op en het gaat ook altijd weer waaien.

- Is de energiebron altijd of alleen af en toe beschikbaar?
  Een centrale die op aardgas werkt, kan dag en nacht elektrische energie leveren. Maar zonnepanelen produceren alleen overdag. Ook is hun opbrengst 's winters veel lager dan 's zomers. Windturbines kunnen alleen elektrische energie produceren als het hard genoeg waait.

- Wat zijn de gevolgen voor het milieu?
  Bij de verbranding van brandstoffen ontstaan stoffen die schadelijk zijn voor het milieu. Windturbines stoten geen afvalstoffen uit, maar hebben wel andere nadelen voor het milieu. Ze produceren hinderlijk geluid, zorgen voor 'horizonvervuiling' en zijn gevaarlijk voor trekvogels (afbeelding 5).

  Voor het maken van zonnepanelen en windturbines zijn bovendien grondstoffen nodig. Bij het winnen, vervoeren en bewerken van de grondstoffen ontstaat afval. Ook ontstaat er afval, als een windturbine of waterkrachtcentrale aan het einde van zijn levensduur is. Helemaal 'schoon' zijn zonne-energie en windenergie dus ook niet.



afbeelding 5 Het windpark Krammer in Zeeland gezien vanaf het eiland Tholen.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul de onderdelen van een waterkrachtcentrale in.

a In de .... stroomt het water van het stuwmeer naar de centrale.

b Het water brengt de schoepen van de .... in beweging.

c In de .... wekt die draaiende beweging elektrische energie op.

d In de .... wordt de spanning opgevoerd voordat de energie aan het elektriciteitsnet wordt geleverd.

2 Je kunt de hoeveelheid zwaarte-energie die een waterkrachtcentrale opneemt, berekenen met de formule: $E_z = m \cdot g \cdot h$

a De letter *m* staat voor de .... van het .... dat wegstroomt via de centrale.

b De letter *g* geeft aan hoe sterk de .... is.

c De letter *h* staat voor het .... tussen het wateroppervlak in het meer en de .... van de stuwdam.

TOEPASSING

Gebruik waar nodig het gegeven dat *g* op aarde 10 N/kg is.

3 Bereken de hoeveelheid zwaarte-energie:

a van een kastanje (10 g) boven in een kastanjeboom van 30 m hoog.

....

....

....

....

....

....

....

b van een meisje van 55 kg dat 3 m boven het wateroppervlak op een duikplank staat.

....

....

....

....

....

....

....

c van een stalen balk van 800 kg die door een hijskraan 65 m omhoog is gehesen.

....

....

....

....

....

....

....

d van een Chinook helikopter van 24 ton (inclusief bemanning en lading) die op 120 m boven de grond stil in de lucht hangt.

....

....

....

....

....

....

....

4 In een stuwmeer stroomt per jaar 32 miljard m^3 water met een massa van $3{,}2 \cdot 10^{13}$ kg. Het hoogteverschil tussen het oppervlak van het meer en de onderkant van de stuwdam is 41 m.
Bereken hoeveel zwaarte-energie het stuwmeer jaarlijks kan leveren.

....

....

....

....

....

....

....

5 Fons kampeert bij een stuwmeer in Frankrijk. Op een informatiebord leest hij dat het waterpeil in het stuwmeer niet constant is. In de winter staat het water wel drie meter hoger dan in de zomer.

a Hoe komt het dat het waterpeil ’s winters hoger is?

....

....

b In de stuwdam is een waterkrachtcentrale gebouwd. Het valt Fons op dat die centrale tijdelijk niet wordt gebruikt. De campingbaas vertelt hem dat dat ’s zomers altijd zo is. Waarom zou het energiebedrijf de centrale ’s zomers stilleggen?

....

....

c Heeft het waterpeil ook invloed op het maximale elektrische vermogen (P_{max}) dat de centrale kan leveren?

○ A Ja, bij een hoog waterpeil is P_{max} groter.
○ B Ja, bij een hoog waterpeil is P_{max} kleiner.
○ C Nee, dat heeft geen enkele invloed op P_{max}.

★ 6 In Nederland staan vier middelgrote waterkrachtcentrales. De grootste daarvan vind je naast een stuw in de Maas, bij het dorp Alphen in Gelderland (afbeelding 6).

a De stuw houdt het water in de Maas op peil, zodat de rivier het hele jaar door bevaarbaar blijft.
Leg uit waarom het een goed idee is om een waterkrachtcentrale naast zo’n stuw te bouwen.

....

....

....

....

b Als de centrale op vol vermogen werkt, stroomt er per seconde 375 m^3 water door de turbines. Gebruik *BINAS* tabel 16 *Gegevens van enkele vloeistoffen*.
Bereken de massa van 375 m^3 water.

....

....

....

....

....

....

c Het hoogteverschil tussen het water voor en na de stuw is 4,2 m.
Bereken hoeveel zwaarte-energie de centrale per seconde opneemt.

....

....

....

....

....

....

....

d Het opgenomen vermogen is gelijk aan de hoeveelheid opgenomen energie per seconde.
Hoe groot is dus het opgenomen vermogen van de centrale?

....

e Als de centrale op vol vermogen werkt, is het afgegeven elektrisch vermogen 14 MW.
Bereken het rendement van de centrale.

....

....

....

....

....



afbeelding 6 De waterkrachtcentrale (links) en stuw (rechts) bij Alphen (Gelderland).

7

Op een bouwplaats moeten bouwvakkers een valhelm dragen. Dat is om hersenletsel te voorkomen als er iets van een steiger op hun hoofd valt.
Bereken met welke snelheid een baksteen de grond raakt (in km/h), als hij van een hoogte van 15 m valt. Ga ervan uit dat alle zwaarte-energie wordt omgezet in bewegingsenergie.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

8

Lees de tekst in afbeelding 7. Deze tekst komt van een website van het Franse energiebedrijf EDF (Électricité de France).

a Met welke energiebron wekt EDF in Frankrijk 88% van alle elektrische energie op?

....

....

b Welk voordeel van deze energiebron wordt door EDF benadrukt?

....

....

c Welk milieuprobleem kan kernenergie helpen oplossen?

....

....

....

....

....

d Het kernafval van een kerncentrale zendt nog lang gevaarlijke straling uit. Het moet daarom eeuwenlang veilig opgeslagen blijven.
Waarom zou EDF dit nadeel niet noemen?

....

....

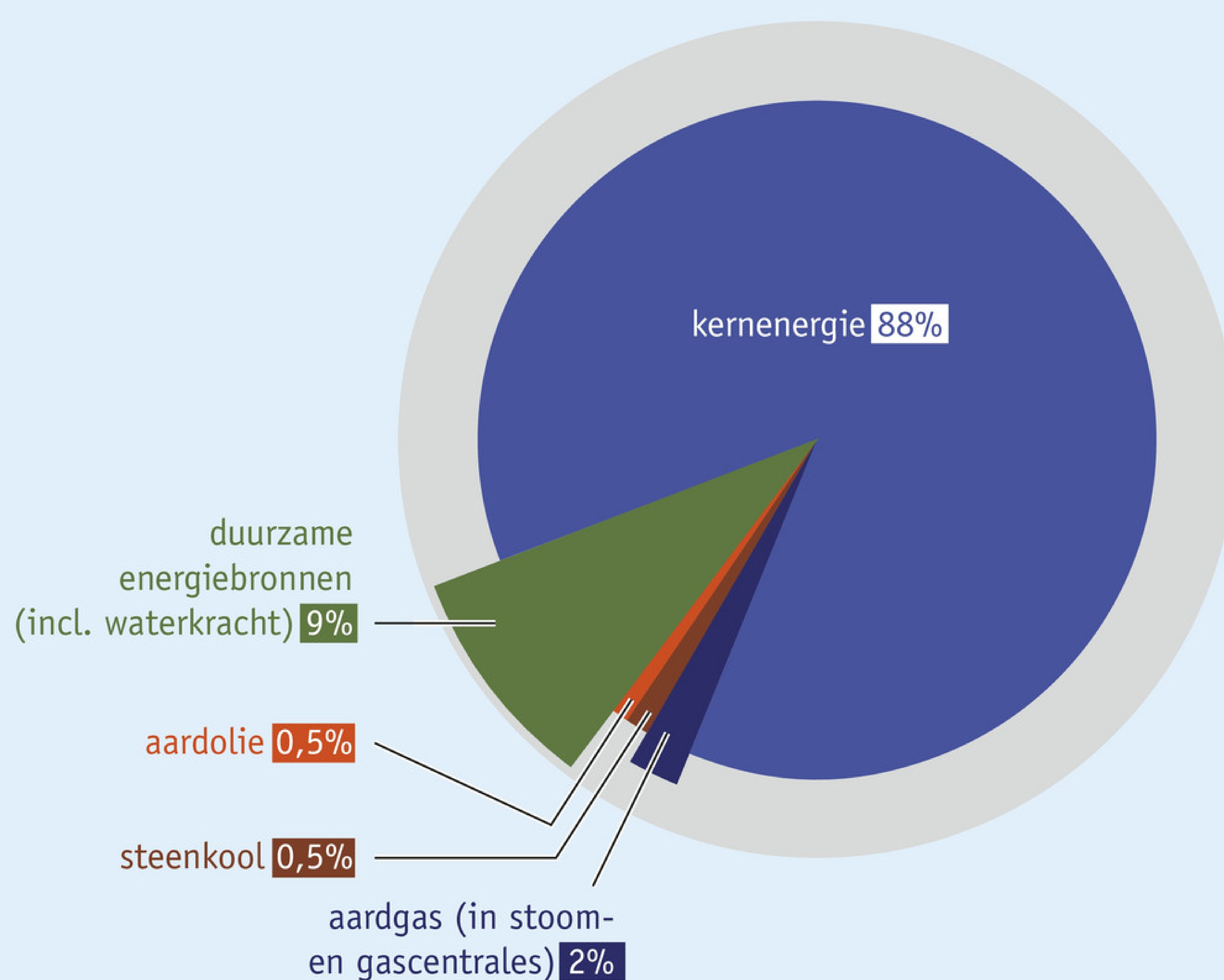
....

....

afbeelding 7 Het Franse energiebedrijf EDF maakt op grote schaal gebruik van kernenergie.

IN FRANKRIJK

Van de elektriciteit die EDF in Frankrijk produceert, wordt MEER dan 97% zonder uitstoot van CO_2 opgewekt, dankzij kernenergie en duurzame energiebronnen. De mix van energiebronnen die EDF gebruikt, laat dan ook een zeer lage koolstofuitstoot zien. Deze kwam in 2020 uit op 10 g per geproduceerd kWh. Dat is 17 keer zo weinig als het gemiddelde in de Europese energiesector.



naar: www.edf.fr

9 Je kunt allerlei energiebronnen gebruiken om elektrische energie op te wekken. De landen in Europa maken hierbij heel verschillende keuzes.
Gebruik afbeelding 8 om de volgende vragen te beantwoorden.

a Welke twee landen gebruiken bijna geen fossiele brandstoffen om elektriciteit op te wekken?

....

b Welk land is juist sterk afhankelijk van fossiele brandstoffen voor de elektriciteitsproductie?

....

c Welk land maakt het meest gebruik van waterkracht?

....

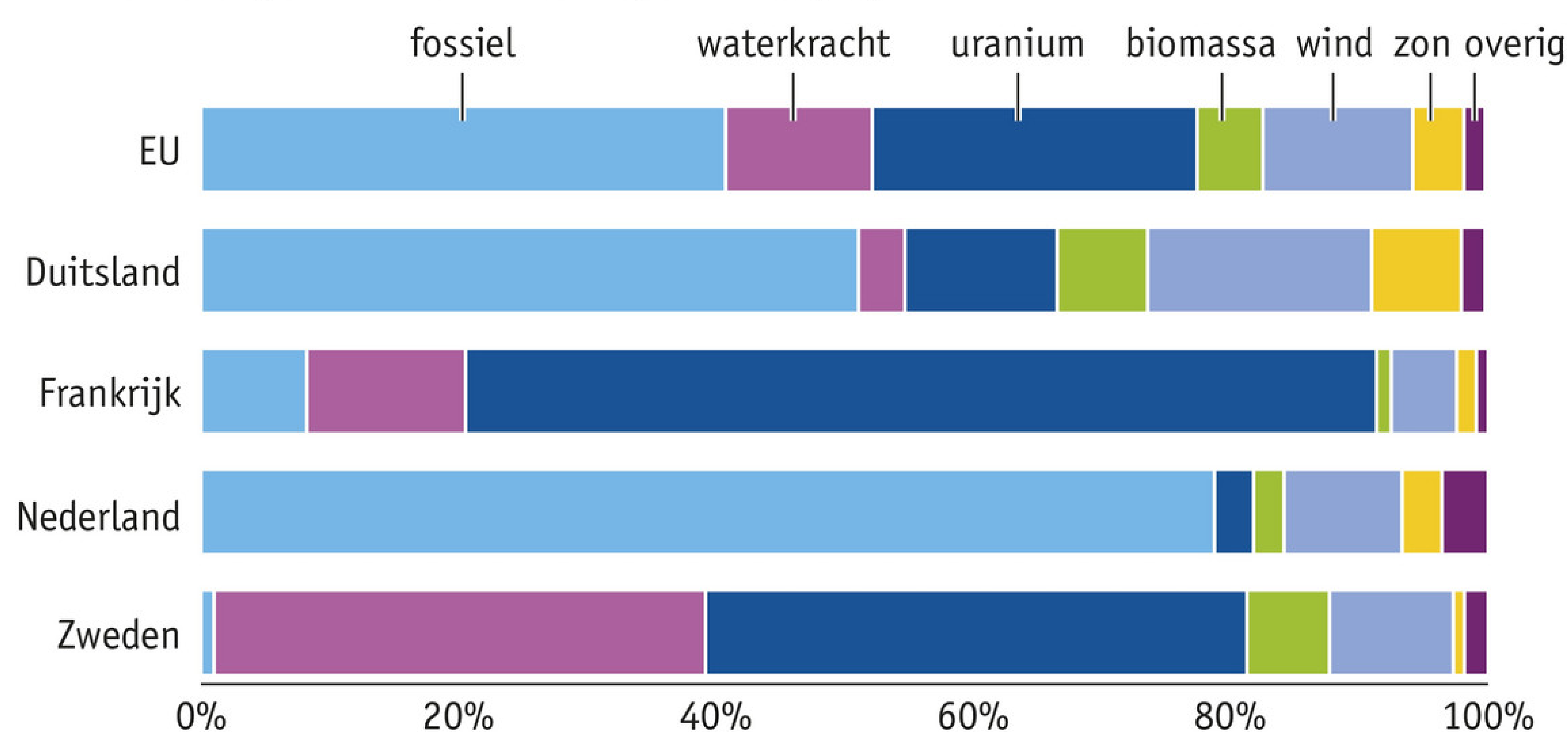
d Welk land maakt het meest gebruik van zonne-energie?

....

e In welk(e) land(en) is meer dan de helft van de elektrische energie afkomstig van duurzame (niet-eindige) energiebronnen?

....

afbeelding 8 Zo wekken Duitsland, Frankrijk, Nederland en Zweden hun elektrische energie op. Bovenaan het gemiddelde in de Europese Unie (EU).



naar: EBN, Eurostat


Test je kennis met de *Test jezelf*.

5 Energie besparen

LEERDOELEN

11.5.1 Je kunt uitleggen wat de wet van behoud van energie inhoudt.
11.5.2 Je kunt toelichten wat precies wordt bedoeld met 'zuinig zijn met energie'.
11.5.3 Je kunt twee manieren beschrijven waarop mensen energie kunnen besparen.
11.5.4 Je kunt de rendementen vergelijken van gloeilampen, spaarlampen en ledlampen.
11.5.5 Je kunt het energieverbruik van apparaten berekenen in joule en in kilowattuur.
11.5.6 Je kunt uitleggen hoe energielabels je kunnen helpen om een apparaat te kiezen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	11.5.1	11.5.2	11.5.3	11.5.4	11.5.5	11.5.6	11.2.6*
Onthouden	4d		1ab	1c	2abcd	1d	
Begrijpen	4abc			5b	6abc, 8abcd	9a	
Toepassen		3b		3c	7abcd, 9c	9bde	3a, 5acd
Analyseren						9f	

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Bij een bouwproject staat op een groot bord: "Op deze locatie worden 260 extreem energiezuinige huizen gerealiseerd." Wat zou het inhouden dat een huis extreem energiezuinig is?

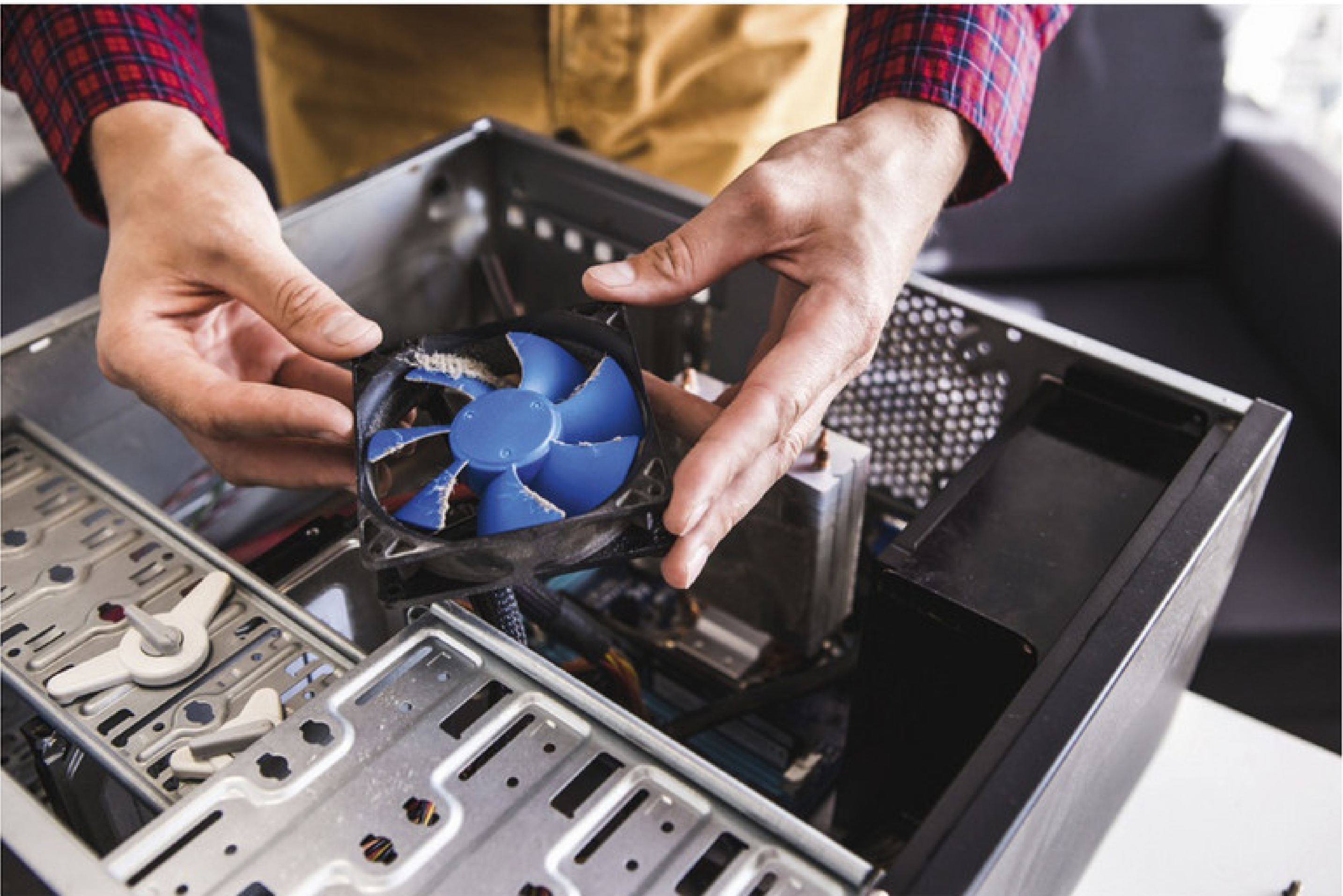
DE WET VAN BEHOUD VAN ENERGIE

Voor elke energie-omzetter geldt de **wet van behoud van energie**:

> Bij energie-omzettingen gaat nooit energie verloren. Er komt ook nooit nieuwe energie bij. De totale hoeveelheid energie is voor en na de energie-omzetting even groot.

De wet van behoud van energie zegt alleen iets over de hoeveelheid energie. De wet zegt niet hoe waardevol die energie is. Bij veel energie-omzettingen verdwijnen waardevolle soorten energie, zoals chemische en elektrische energie. Je krijgt er soorten energie voor terug waar je niets mee kunt, zoals (afval)warmte en geluid.

Je ziet dat bijvoorbeeld bij elektrische apparaten. Die produceren vaak veel warmte, ook al zijn ze daar niet voor bedoeld. Een computer heeft zelfs een ventilator nodig om niet te heet te worden (afbeelding 1). Die warmte verspreidt zich: door de kamer, door het huis, naar buiten, enzovoort. Je kunt er niets nuttigs mee doen. Warmte is wel energie, maar vaak geen praktisch bruikbare vorm van energie.



afbeelding 1 Deze ventilator moet de geproduceerde warmte uit de computer verwijderen.

ZUINIG ZIJN MET ENERGIE

Als mensen het over ‘energie besparen’ hebben, gaat het hun niet om energie in het algemeen. Het gaat hun om waardevolle soorten energie, in het bijzonder chemische energie en elektrische energie. Ze willen bijvoorbeeld hun aardgasverbruik naar beneden brengen, minder benzine verbruiken met hun auto en zuiniger zijn met elektrische energie.

Het heeft verschillende voordelen om minder elektrische en chemische energie te verbruiken.

- Je energierekening gaat omlaag. Aardgas, benzine en elektriciteit kosten geld. Minder verbruiken betekent ook minder betalen.
- Het is beter voor het milieu. Elk gebruik van energiebronnen heeft nadelen voor het milieu. Zuinig zijn helpt die nadelen te verminderen.
- Het spaart grondstoffen en kostbare ruimte. Zonneparken beslaan bijvoorbeeld grote oppervlakken, al produceren ze ‘schone’ energie (afbeelding 2).



afbeelding 2 In dit zonnepark zijn in totaal 140 000 zonnepanelen opgesteld.

Je kunt energie besparen door voor **energiezuinige** apparaten te kiezen. Zo’n apparaat presteert even goed als een ‘gewoon’, niet-energiezuinig apparaat, maar heeft daar minder chemische of elektrische energie voor nodig. Energiezuinige apparaten zijn vaak duurder dan ‘gewone’ apparaten, maar daar staat tegenover dat je flink kunt besparen op je energierekening.

Je kunt ook energie besparen door je manier van leven te veranderen. Bijvoorbeeld door voortaan korter te douchen, vaker de fiets te nemen in plaats van de auto, de thermostaat in huis een graad lager te zetten, apparaten niet onnodig aan te laten staan, enzovoort. Maar het is niet zo gemakkelijk om je levensstijl te veranderen. Je moet ervoor gemotiveerd zijn en niet iedereen is dat.

HET RENDEMENT VAN LAMPEN

In de loop van de tijd zijn elektrische lampen veel energiezuiniger geworden. De **gloeilampen** die tot circa 2010 veel gebruikt werden, hadden een erg laag rendement. Van de elektrische energie die ze opnamen, werd maar een klein deel omgezet in elektrische energie. Ze produceerden vooral veel warmte. Als ze brandden, waren ze te heet om met blote handen aan te raken.

Na 1980 kwamen er **spaarlampen** op de markt die veel zuiniger met (elektrische) energie zijn. Het rendement van een spaarlamp is circa vier keer zo groot als dat van een gloeilamp. Een spaarlamp van 10 W geeft dus evenveel licht als een gloeilamp van 40 W. Een spaarlamp produceert ook warmte, maar verhoudingsgewijs minder dan een gloeilamp. Hij wordt daardoor lang niet zo heet.

Na 2010 werd de **ledlamp** de meest gebruikte soort verlichting. Dit is de zuinigste soort lamp die je op dit moment kunt kopen. In afbeelding 3 zie je de verpakking van een ledlamp, waarop staat: 5 W = 50 W. Daarmee wordt bedoeld dat deze ledlamp van 5 W evenveel licht geeft als een gloeilamp van 50 W. Het rendement van de ledlamp is dus tien keer zo groot als dat van een gloeilamp.

Ledlampen zijn niet alleen zuiniger dan gloeilampen, ze gaan ook veel langer mee. Daar staat tegenover dat ze veel duurder zijn. In het begin vonden veel mensen ze te duur en bleven daarom gloeilampen gebruiken. Om mensen te dwingen om toch over te stappen, hebben veel landen de productie en verkoop van gloeilampen verboden. In de Europese Unie (EU) is dat sinds 2012 het geval.



afbeelding 3 De verpakking van een ledlamp waarop staat: 5 W = 50 W.

HET ENERGIEVERBRUIK BEREKENEN

PROEF 3

Je kunt het energieverbruik van een elektrisch apparaat berekenen met de formule: $E = P \cdot t$ uit paragraaf 1. Als je het vermogen invult in watt en de tijd in seconden, vind je het energieverbruik in joule. Er is alleen een probleem: energiebedrijven houden je energieverbruik niet bij in joule. Ze gebruiken een eigen eenheid van energie, de kilowattuur (kWh), zoals je op de meter in de meterkast kunt zien (afbeelding 4).



afbeelding 4 Een moderne digitale kWh-meter.

Als je wilt uitrekenen hoeveel geld je op je elektriciteitsrekening bespaart, moet je het energieverbruik dus berekenen in kWh. Je gebruikt daarvoor de formule:

$$E = P \cdot t$$

In deze formule is:

- E het elektrisch energieverbruik in kilowattuur (kWh);
- P het elektrisch vermogen in kilowatt (kW);
- t de tijd die het apparaat heeft gewerkt in uur (h).

Soms moet je hoeveelheden elektrische energie omrekenen van J naar kWh of omgekeerd. Dan is het handig om te weten dat 1 kWh gelijk is aan $3{,}6 \cdot 10^6$ J. Dit gegeven staat ook in *BINAS* tabel 2 *Omrekenregels*.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Nathan vervangt een gloeilamp van 50 W door een ledlamp van 5 W. Hij schat dat de ledlamp elk jaar 800 uur brandt.
Bereken hoeveel geld Nathan elk jaar op zijn energierekening bespaart, als 1 kWh € 0,23 kost.

	gloeilamp	ledlamp
gegevens	P = 50 W = 0,050 kW	P = 5 W = 0,005 kW
	t = 800 h	t = 800 h
gevraagd	E = ? kWh	E = ? kWh
uitwerking	$E = P \cdot t$	$E = P \cdot t$
	= 0,050 × 800 = 40 kWh	= 0,005 × 800 = 4 kWh

Nathan bespaart dus in één jaar 40 − 4 = 36 kWh.
In geld is dat 36 × € 0,23 = € 8,28.

HET ENERGIELABEL

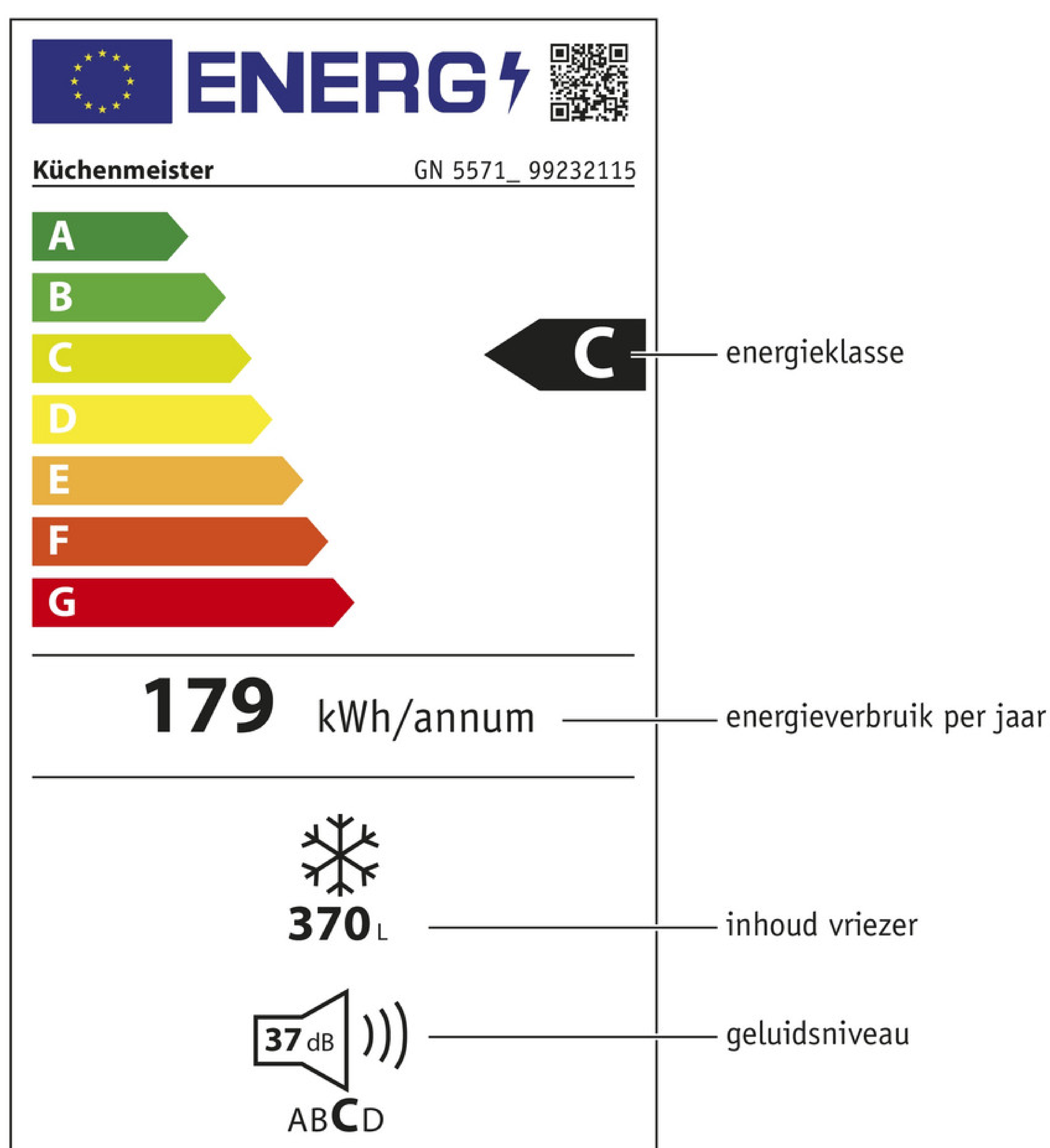
Op elektrische apparaten staat meestal vermeld hoe groot het elektrisch vermogen van het apparaat is. Je weet dan hoeveel elektrische energie het apparaat per seconde opneemt. Als een apparaat een veranderlijk vermogen heeft, wordt het maximale vermogen vermeld. Een apparaat van 200 W neemt bijvoorbeeld per seconde maximaal 200 J elektrische energie op. Het werkt dan ‘op vol vermogen’.

Bij sommige apparaten, zoals een (niet-dimbare) lamp, is het elektrisch vermogen altijd even groot. Je kunt dan meteen aan het vermogen zien hoe zuinig het apparaat met energie is. Maar bij veel andere apparaten is dat lastiger. De motor van een vriezer bijvoorbeeld staat maar af en toe een poosje aan. Het vermogen alleen zegt daarom niet zoveel. Je moet ook weten hoe vaak de motor aanstaat.

Een goed geïsoleerde vriezer houdt de warmte goed buiten. De motor hoeft maar af en toe even kort aan te staan. Het grootste deel van de dag staat hij uit. Bij een matig geïsoleerde vriezer zal de motor meer uren maken en dus meer elektrische energie verbruiken. Zo’n vriezer heeft een groter energieverbruik, ook al hebben de motoren van de twee vriezers hetzelfde vermogen.

Om mensen te helpen een goede keuze te maken, krijgt elke vriezer een **energielabel** (afbeelding 5). Daarop staat aangegeven in welke energieklasse de vriezer valt. De schaal loopt van A (groen, het meest zuinig) tot G (rood, het minst zuinig). Op het label staat ook hoeveel elektrische energie de vriezer normaal gesproken per jaar verbruikt. Bij de vriezer in afbeelding 5 is dat 179 kWh.

Ook andere elektrische apparaten zoals koelkasten, stofzuigers, tv's en airco's hebben een energielabel.



afbeelding 5 Het energielabel van een vriezer (energieklasse C).

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Beantwoord de volgende vragen.

a Welke twee waardevolle soorten energie staan centraal als het om energiebesparing gaat?

....

b Op welke twee verschillende manieren kun je als consument energie besparen?

....

....

....

c Waarom is de productie en verkoop van gloeilampen verboden in de EU?

....

....

....

....

d Hoe kunnen energielabels je helpen bij het kiezen van een apparaat?

....

....

....

....

2 Vul in.

a Je kunt het energieverbruik van een elektrisch apparaat berekenen met de formule:

....

b Als je in deze formule het vermogen invult in .... en de tijd in .... dan vind je het energieverbruik in kWh.

c Als je in deze formule het vermogen invult in .... en de tijd in .... dan vind je het energieverbruik in J.

d Als je wilt omrekenen van kWh naar J of omgekeerd, is het handig om te weten dat 1 kWh gelijk is aan .... J.

TOEPASSING

3 Hogedruk-natriumlampen lampen worden gebruikt voor straatverlichting. Als ze worden aangezet, geven ze eerst vrij zwak licht met een rode tint. Pas na enkele minuten geven ze helder 'wit' licht.

a In afbeelding 6 zie je het energie-stroomdiagram van een hogedruk-natriumlamp. Bereken het rendement van de lamp.

....

....

....

....

....

....

b Hogedruk-natriumlampen hebben een goed rendement, maar duidelijk lager dan dat van ledlampen. Toch vindt de overheid het niet nodig om alle hogedruk-natriumlampen meteen te vervangen. Dat zal pas gebeuren als ze aan het einde van hun levensduur zijn.
Leg uit waarom het soms beter voor het milieu is om een minder energiezuinig apparaat niet meteen te vervangen.

....

....

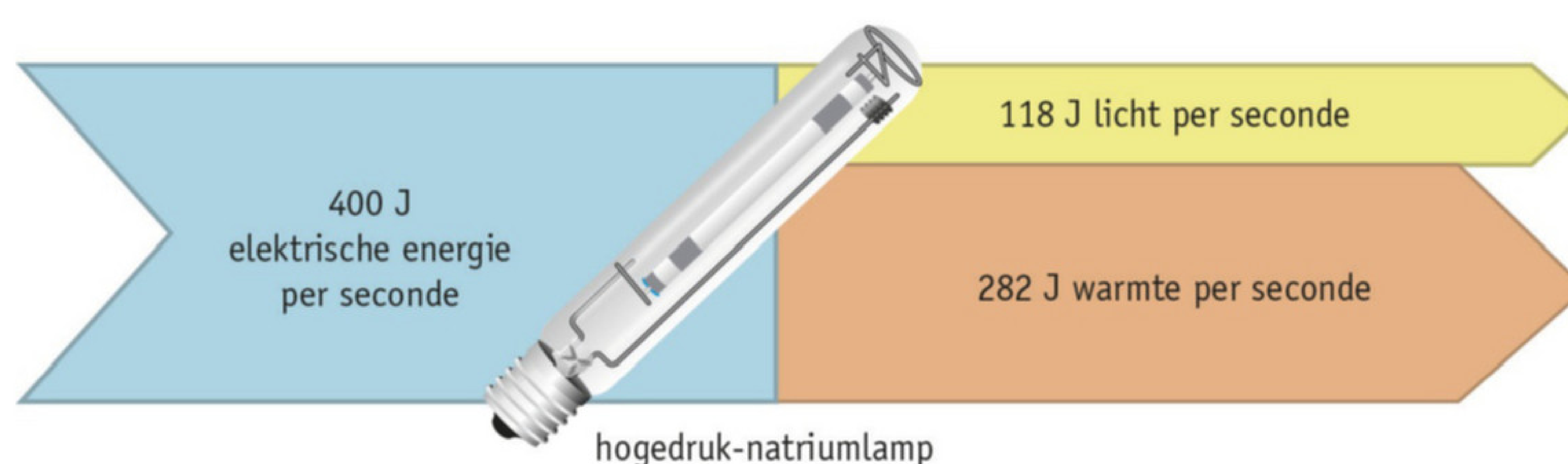
....

....

c Welk ander argument kan de overheid hebben om niet meteen alle hogedruk-natriumlampen te vervangen?

....

....



afbeelding 6 Het energie-stroomdiagram van een hogedruk-natriumlamp.

4 Een energie-stroomdiagram zoals afbeelding 6 laat zien wat een energie-omzetter doet met de energie die hij opneemt. In zo'n diagram zie je meestal één pijl naar binnen gaan, en twee of meer pijlen naar buiten komen.

a De pijl naar .... stelt de soort energie voor die de energie-omzetter ....

b De pijlen naar .... laten zien welke soorten energie daarvoor in de plaats komen.

c De pijl naar binnen is altijd even breed als de pijl of pijlen naar buiten. Dat laat zien dat de totale .... energie niet verandert.

d De regel dat de totale hoeveelheid energie even groot blijft, wordt de wet .... genoemd.

5 In afbeelding 7 zie je de gegevens van drie lampen. Vermeld staat het elektrisch vermogen dat ze opnemen (in watt) en de hoeveelheid licht die ze uitstralen (in lumen). De gloeilamp heeft een rendement van 5%.

a Bereken het afgegeven vermogen (het vermogen dat de gloeilamp afgeeft in de vorm van licht).

....

....

....

....

....

b De lampen hebben alle drie hetzelfde afgegeven (nuttige) vermogen. Uit welk gegeven in afbeelding 7 kun je dat afleiden?

....

....

....

c Bereken het rendement van de spaarlamp.

....

....

....

....

....

d Bereken het rendement van de ledlamp.

....

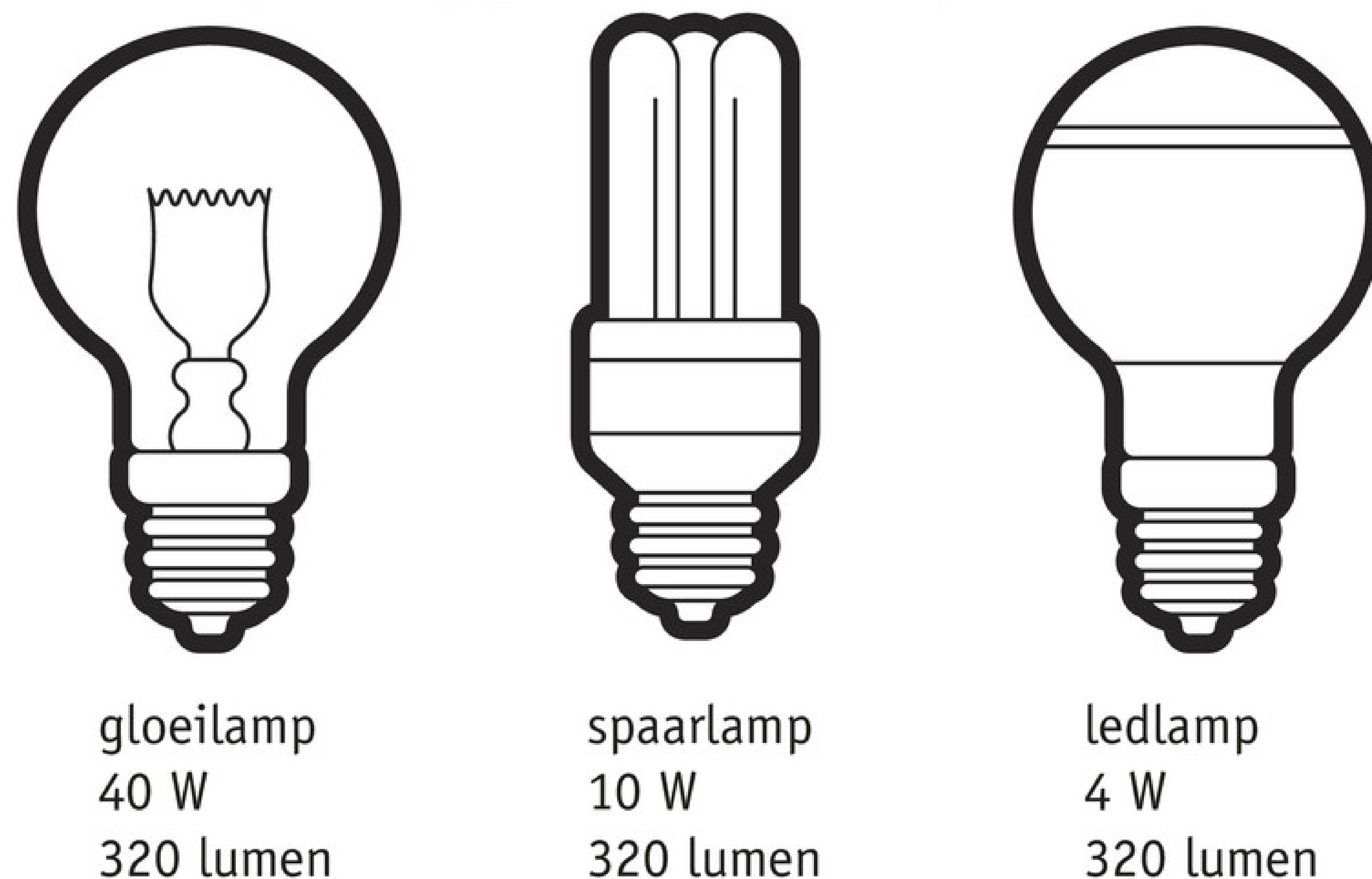
....

....

....

....

afbeelding 7 De gegevens van drie lampen.



6 Kamil wil proberen zuiniger te zijn met elektrische energie. Daarom kijkt hij regelmatig op de (digitale) kWh-meter in zijn meterkast (afbeelding 8).

a Hoeveel elektrische energie heeft Kamil verbruikt in de week van 11 tot 18 december?

....

b Hoeveel elektrische energie heeft Kamil verbruikt van 11 december tot 8 januari?

....

c Reken je antwoorden op opdracht a en b om in MJ.

....

....

....

afbeelding 8 De meterstanden van Kamil.



7 Bereken het jaarverbruik van de volgende elektrische apparaten (in kWh).
Je mag een jaar afronden op 365 dagen.

a Een elektrische wekker van 3 W die 24 uur per dag aanstaat.

....

....

....

....

....

b Een ledlamp van 10 W die gemiddeld 4 uur per dag brandt.

....

....

....

....

....

c Een stofzuiger van 900 W die gemiddeld 3 uur per week wordt gebruikt.

....

....

....

....

....

d Een radiatorkachel van 1800 W die in de loop van een jaar 200 uur aanstaat.

....

....

....

....

....

8 Reken de uitkomsten van opdracht 7 om van kWh naar MJ.

a Het jaarverbruik van de wekker is:

.... kWh = ... J = ... MJ

b Het jaarverbruik van de ledlamp is:

.... kWh = ... J = ... MJ

c Het jaarverbruik van de stofzuiger is:

.... kWh = ... J = ... MJ

d Het jaarverbruik van de radiatorkachel is:

.... kWh = ... J = ... MJ

9 Wina is op zoek naar een wasdroger. Op de website van een webwinkel vindt ze twee aanbiedingen die haar aanspreken. Zie afbeelding 9.

a Het energieverbruik per jaar wordt bij elk type wasdroger op dezelfde manier berekend. Uitgangspunt is het aantal uren per jaar dat een 'gemiddeld gezin' een wasdroger gebruikt.
Leg uit waarom voor deze manier van berekenen is gekozen.

....

....

....

b Wina gaat ervan uit dat haar gezin 'redelijk gemiddeld' is. De cijfers over het energieverbruik zullen dus ook op haar situatie van toepassing zijn.
Hoeveel kWh elektrische energie bespaart Wina per jaar als ze wasdroger A koopt in plaats van wasdroger B?

....

....

c Hoeveel euro bespaart Wina in dat geval op haar energierekening?
Ga ervan uit dat 1 kWh € 0,23 kost.

....

....

d Zoals afbeelding 9 laat zien, is wasdroger A wel veel duurder dan wasdroger B.
Hoeveel jaar duurt het voordat Wina het prijsverschil heeft terugverdiend?

....

....

....

....

e Een wasdroger heeft normaal gesproken een levensduur van minstens tien jaar.
Leg uit dat Wina uiteindelijk het goedkoopst uit zal zijn met wasdroger A.

f Toch kun je niet zomaar zeggen dat wasdroger A voor Wina de beste keuze is.
Wat moet je in elk geval nog meer weten, voordat je haar advies kunt geven?

WASDROGER A

meest energiezuinig

Verbruik: 177 kWh / annum (*)

Lading: 8 kg

Droogtijd: 148 min

Prijs: € 799

(*) volgens energielabel

WASDROGER B

meest budgetvriendelijk

Verbruik: 561 kWh / annum (*)

Lading: 8 kg

Droogtijd: 168 min

Prijs: € 349

(*) volgens energielabel

afbeelding 9 Twee aanbiedingen op een website:
de zuinigste en de goedkoopste wasdroger.



Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

PROEF 1 DE SPANNING VAN EEN ZONNEPANEEL

45 minuten

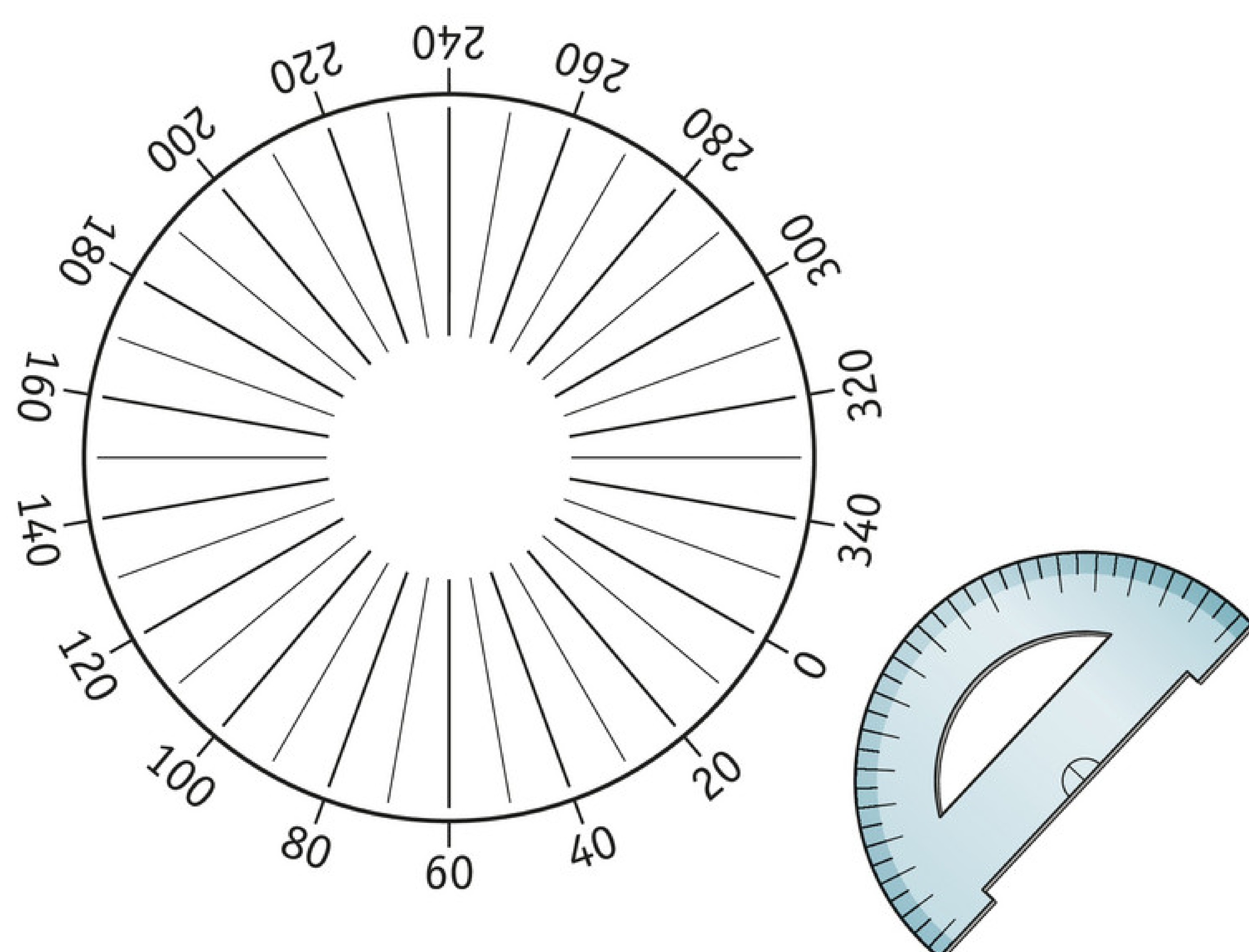
Inleiding
Een zonnecel levert de meeste spanning (en elektrische energie) als hij precies op de zon is gericht. Als de richting van de ideale richting afwijkt, zal de spanning lager zijn.

Doel
Hoeveel lager wordt de spanning? Dat onderzoek je bij deze proef. De onderzoeksvraag luidt:
Wat is het verband tussen:
- *de richting waarin een zonnepaneel staat opgesteld en*
- *de spanning die het zonnepaneel levert?*

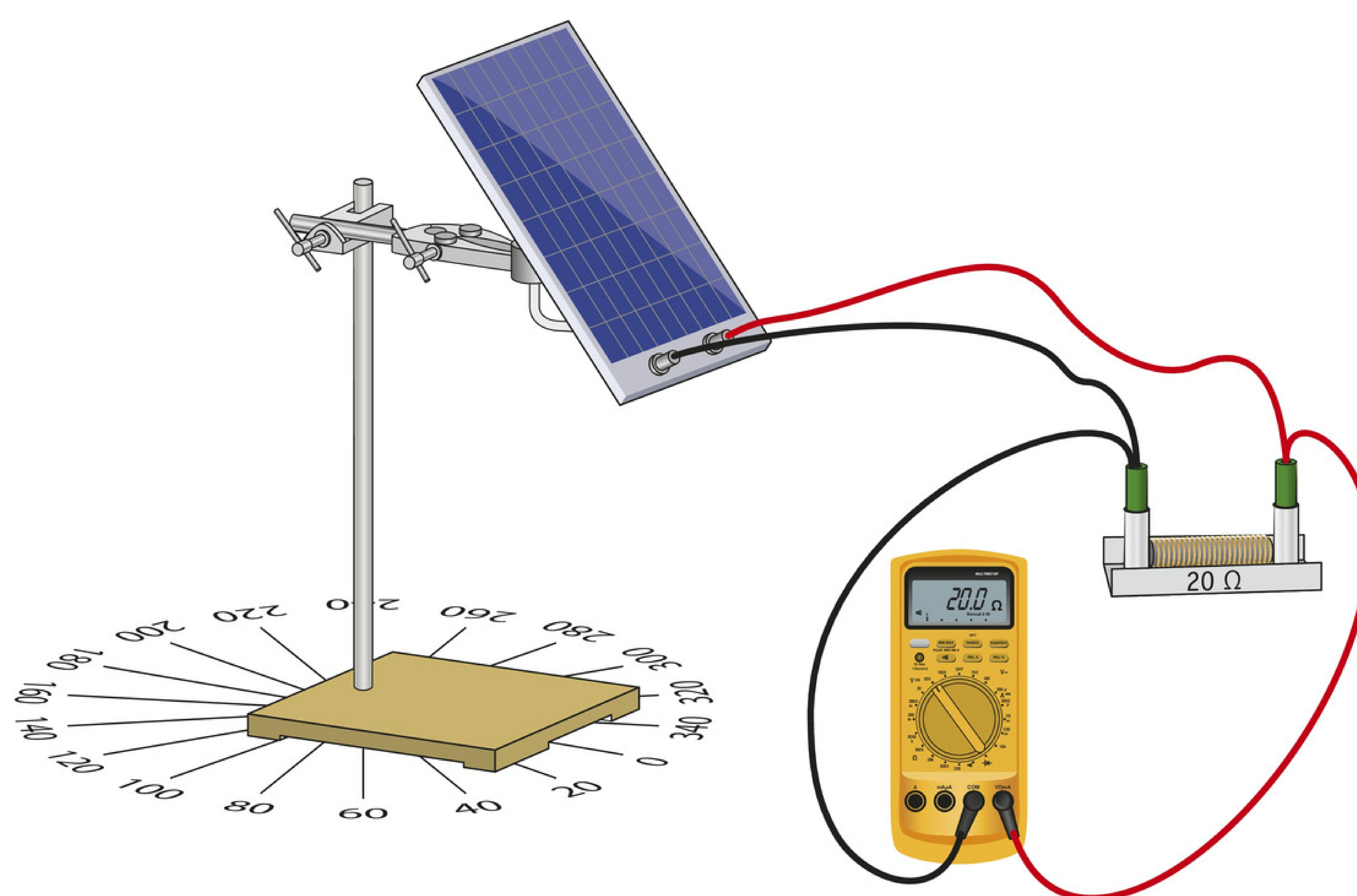
Nodig
- ☐ klein zonnepaneeltje
- ☐ statief
- ☐ dubbelklem
- ☐ statiefklem
- ☐ multimeter of spanningsmeter
- ☐ grote geodriehoek of gradenboog
- ☐ snoeren
- ☐ weerstand (bijvoorbeeld 20 Ω)

Uitvoeren
Als de zon schijnt, kun je deze proef buiten uitvoeren. In dat geval moet je je metingen wel even onderbreken als er een wolk voor de zon schuift. Je kunt de proef ook binnen uitvoeren, met een sterke ledlamp (bijvoorbeeld 1300 lumen) als ‘zon’ in een (verder) verduisterd lokaal.

Voorbereiden
- Teken op het plein met krijt een richtingencirkel. Zie afbeelding 1. De richting 0° is de richting waar het zonlicht vandaan komt. Tip: let op de schaduw.
- Zet het statief in de richtingencirkel.
- Bouw de opstelling van afbeelding 2.



afbeelding 1 Zo teken je een richtingencirkel.



afbeelding 2 De opstelling van proef 1.

Meten

- Bepaal de spanning die de zonnecel in deze situatie levert.

1 Noteer de spanning op de juiste plaats in tabel 1.

- Draai het statief 20° en meet de spanning opnieuw.

2 Noteer de spanning weer in tabel 1.

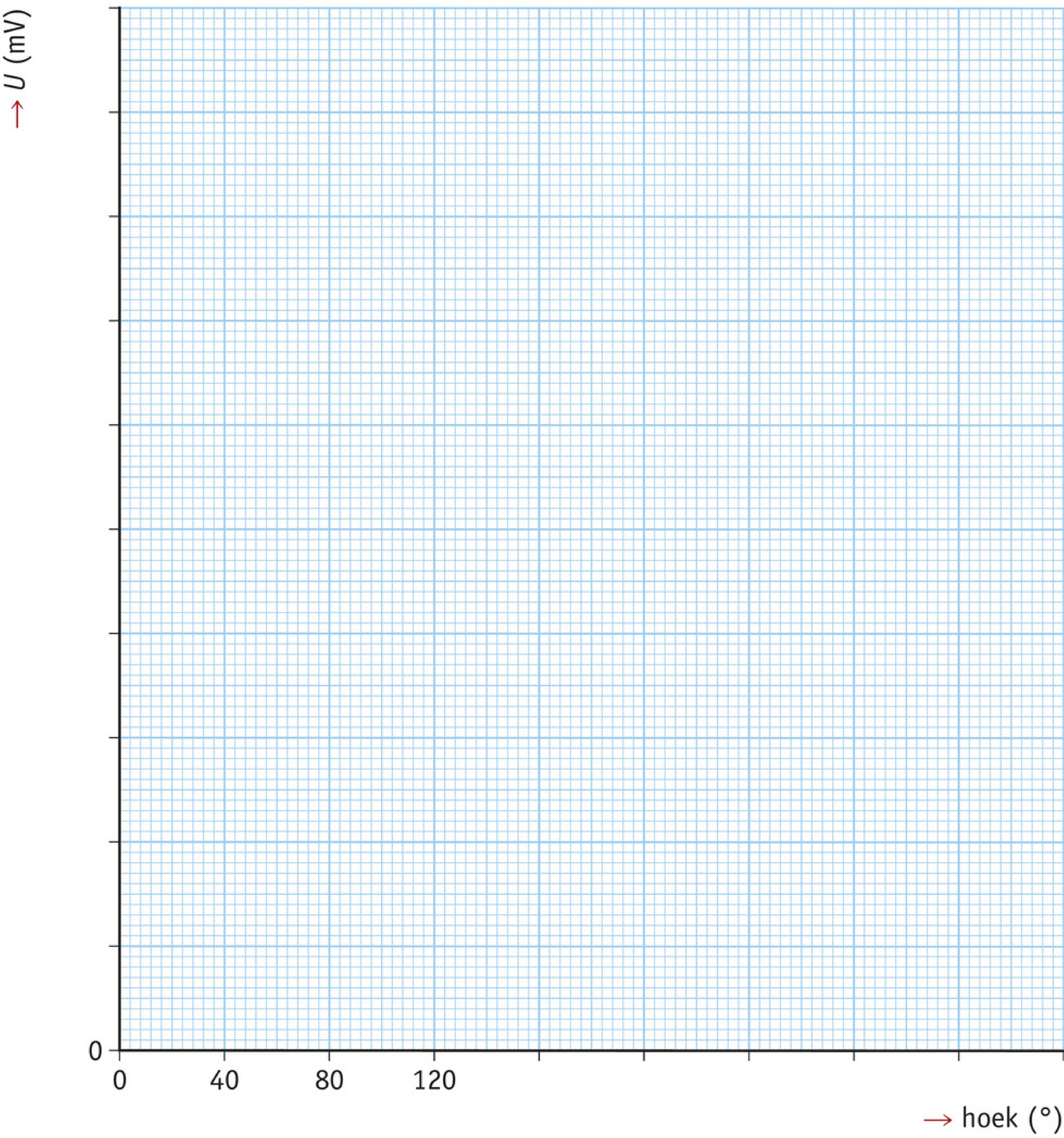
- Draai het statief weer, meet de spanning en noteer die.
- Ga hiermee door tot je een cirkel van 360° hebt gemaakt.

tabel 1 Het verband tussen richting en spanning.

richting (hoek)	*U* (V)	richting (hoek)	*U* (V)
0°		180°	
20°		200°	
40°		220°	
60°		240°	
80°		260°	
100°		280°	
120°		300°	
140°		320°	
160°		340°	

Uitwerken

3 Teken in afbeelding 3 een grafiek van deze proef.



afbeelding 3 Het verband tussen de hoek en de spanning.

4 Bij welke hoek:

- is de spanning gedaald tot 75% van de maximale waarde?

  ....

- is de spanning gedaald tot 50% van de maximale waarde?

  ....

5 Je kunt een zonnepaneel het best recht op het zuiden richten.
Leg uit waarom je dan de hoogste energie-opbrengst krijgt.

....

....

....

....

6 Eén van de ‘dakhelften’ van een woonhuis is op het zuidwesten gericht. Op deze dakhelft wordt een zonnepaneel gemonteerd.
Hoeveel procent wijkt de spanning rond het middaguur af van de maximale waarde (die je zou krijgen als het zonnepaneel recht op het zuiden was gericht)?

....

....

....

....

7 Is een op het zuidwesten gerichte dakhelft een geschikte plaats om een zonnepaneel te monteren? Licht je antwoord toe.

....

....

....

....

- Je leraar zal je vertellen of je een verslag van deze proef moet maken.

PROEF 2 HET RENDEMENT VAN EEN WAXINELICHTJE

30 minuten

Inleiding

Met een waxinelichtje kun je water verwarmen. Een deel van de warmte van het lichtje komt dan in het water terecht. Een ander deel van de warmte gaat verloren. Het rendement van deze manier van verwarmen is dus zeker geen 100%. Maar hoeveel dan wel?

Doel

Bij deze proef onderzoek je het rendement van het lichtje. De onderzoeksvraag luidt:
Hoe groot is het rendement als je water met een waxinelichtje verwarmt?

Nodig

- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ bekerglas (100 mL)
- ☐ maatcilinder
- ☐ thermometer
- ☐ elektronische weegschaal
- ☐ waxinelichtje
- ☐ lucifers

Uitvoeren

Voorbereiden
Een brandend waxinelichtje wordt steeds lichter. Dat komt doordat de verbrandingsproducten (waterdamp en koolstofdioxide) gasvormig zijn en door het hele lokaal worden verspreid. Door het waxinelichtje voor en na de proef te wegen, kun je bepalen hoeveel gram brandstof er is verbrand.

Meten
- Bepaal de beginmassa van het waxinelichtje.

1 Noteer de beginmassa.

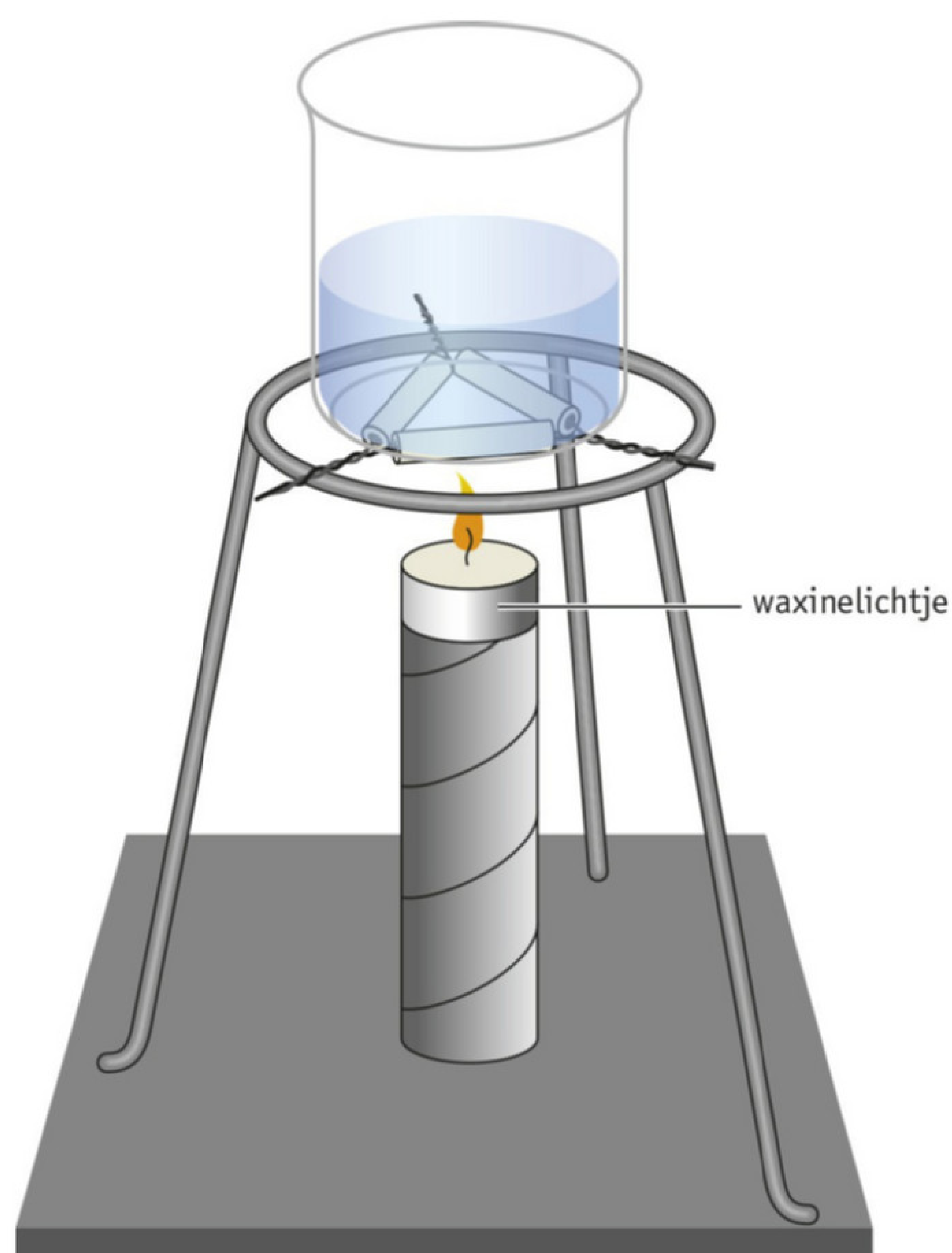
....

- Doe 50 mL water in het bekerglas.
- Meet de temperatuur van het water.

2 Noteer de begintemperatuur.

....

- Maak de opstelling van afbeelding 4.



afbeelding 4 De opstelling van proef 2.

- Steek het waxinelichtje aan.
- Roer af en toe met de thermometer.
- Wacht tot de temperatuur 10 °C is gestegen.
- Blaas het waxinelichtje dan voorzichtig uit.
- Bepaal opnieuw de massa van het waxinelichtje.

3 Noteer de eindmassa.

....

Uitwerken

4 1,0 g van het waxinelichtje levert bij verbranding 40 kJ warmte.
Bereken hoeveel warmte het waxinelichtje bij deze proef heeft geleverd.

....

....

....

....

5 Het brandende waxinelichtje heeft bij deze proef 2,1 kJ warmte afgestaan aan het water. Die 2,1 kJ is de nuttig gebruikte warmte (energie).
Bereken nu het rendement van het verwarmen van het water.

gegevens E_{af} = ...

E_{op} = ...

gevraagd η = ? %

uitwerking $\eta = \frac{E_{af}}{E_{op}} \cdot 100\% = \frac{\text{.................. kJ}}{\text{..................}} \times 100\%$

= ....%

6 Vergelijk jouw rendement met het rendement dat je medeleerlingen hebben berekend.
Zijn er opvallende verschillen? Welke?

....

....

....

....

De volgende proef staat in de online leeromgeving. Je leraar beslist of de proef wordt uitgevoerd.

PROEF 3 METEN MET EEN VERMOGENSMETER

30 minuten

Doel
Je bepaalt het vermogen en het energieverbruik van verschillende apparaten.

PROEF 4 ONDERZOEK: DE SPANNING VAN EEN DYNAMO

60 minuten

Inleiding
De spanning die een fietsdynamo levert, is variabel. Hoe sneller je fietst, hoe hoger de spanning. Dat zie je aan je voorlamp. Als je langzaam optrekt van 0 naar 20 km/h, gaat de lamp steeds feller branden.

Doel
Hoe ziet het verband tussen de snelheid en de spanning er precies uit? Met een fiets en een multimeter (of met een computer/datalogger) kun je dat onderzoeken. De onderzoeksvraag is:
Hoe hangt de spanning van de dynamo af van de snelheid waarmee je fietst?

Uitvoeren en uitwerken

Zie de vaardigheid *Een onderzoek doen*.
- Maak een werkplan en voer het onderzoek uit.


1 Zie de vaardigheid *Een onderzoeksverslag maken.*
Presenteer de uitkomsten in je onderzoeksverslag.

Leerstofoverzicht

11.1 FOSSIELE BRANDSTOFFEN

ONTHOUD

- Fossiele brandstoffen worden nog steeds veel gebruikt: voor de verwarming van gebouwen, voor het wegvervoer en vliegverkeer en voor de opwekking van elektriciteit.
- In een ‘gewone’ energiecentrale worden brandstoffen verbrand. Met de ontstane warmte wordt water verhit tot stoom. De stoom brengt turbines aan het draaien die op hun beurt generatoren aandrijven. In de generatoren wordt dan elektrische energie opgewekt.
- Je kunt de energieproductie van een centrale berekenen met de formule: $E = P \cdot t$
- Een kerncentrale werkt op de kernenergie in een kernbrandstof zoals uranium. In de kernreactor worden de kernen van de uraniumatomen gespleten. Daarbij komt veel warmte vrij. Die warmte wordt gebruikt om elektrische energie op te wekken, net als in een gewone energiecentrale.
- Het is onmogelijk om warmte volledig om te zetten in elektrische energie. De afvalwarmte die overblijft, wordt afgevoerd met het koelwater van een centrale.
- Als je koelwater rechtstreeks in een rivier loost, kan het water te warm worden voor de vissen die erin leven. Dat noem je thermische verontreiniging. Om milieuschade te voorkomen, moet het energiebedrijf het koelwater eerst laten afkoelen in grote koeltorens.
- Bij de verbranding van fossiele brandstoffen ontstaan verschillende schadelijke gassen. Koolstofdioxide (CO_2) laat de aarde opwarmen, waardoor het klimaat verandert. Zwaveldioxide (SO_2) en stikstofoxiden (NO_x) veroorzaken zure regen en dragen bij aan smog.

BEGRIPPEN

afvalwarmte
Warmte die overblijft bij de opwekking van elektrische energie of een ander industrieel proces en wordt afgevoerd met het koelwater.

energietransitie
Omschakeling van vervuilende, niet-duurzame energiebronnen (zoals fossiele brandstoffen) naar schone en duurzame energiebronnen (zoals zon en wind).

fossiele brandstoffen
Brandstoffen die uit de bodem worden gewonnen, zoals aardgas, aardolie en steenkool.

generator
Apparaat dat elektrische energie produceert, als je zijn as aan het draaien brengt (een soort grote dynamo).

kernenergie
De energie in een kernbrandstof zoals uranium; je kunt kernenergie omzetten in warmte door de kernen van uraniumatomen te splijten in een kernreactor.

koolstofdioxide (CO_2)
Broeikasgas dat altijd al in de atmosfeer voorkwam, maar waarvan de hoeveelheid de laatste eeuwen sterk is gegroeid door de verbranding van fossiele brandstoffen.

natuurlijk broeikaseffect
Opwarming van de atmosfeer door broeikasgassen die een natuurlijk bestanddeel van de atmosfeer vormen (zoals natuurlijk koolstofdioxide).

smog
Vorm van luchtverontreiniging die slijmvliezen, ogen en luchtwegen irriteert en beschadigt; dichte smog ziet eruit als een geelbruine nevel.

stoomturbine
Wiel met schoepen dat snel gaat ronddraaien als er hete stoom tegenaan spuit.

thermische verontreiniging
Vervuiling met warmte, doordat heet koelwater van bijvoorbeeld een energiecentrale rechtstreeks op een rivier wordt geloosd.

versterkt broeikaseffect
Extra opwarming van de atmosfeer door broeikasgassen die zijn ontstaan door menselijk handelen, zoals het verbranden van fossiele brandstoffen.

zure regen
Verzuring van regenwater en daardoor ook van de bodem en het oppervlaktewater door stoffen die vrijkomen bij de verbranding van fossiele brandstoffen.

11.2 ZONNE-ENERGIE

ONTHOUD

- Planten gebruiken zonlicht om glucose te maken van koolstofdioxide en water. Daarbij zetten ze de stralingsenergie in zonlicht om in chemische energie.
- Een zonnepaneel bestaat uit zonnecellen die de stralingsenergie in zonlicht omzetten in elektrische energie. Via een omvormer wordt de elektrische energie afgegeven aan het lichtnet in huis.
- Het elektrisch vermogen dat een zonnepaneel produceert, hangt af van de omstandigheden. Het paneel haalt zijn maximale vermogen alleen als de omstandigheden ideaal zijn: rond twaalf uur ’s middags in de zomer bij een onbewolkte lucht.
- Mensen die zonnepanelen op hun huis hebben liggen, hebben minder (of geen) elektrische energie nodig van het energiebedrijf. Hierdoor gaat hun energierekening flink naar beneden.
- Het meest verkochte soort zonnepanelen heeft een rendement van 16%. Dat wil zeggen dat ze 16% van de opgevangen stralingsenergie omzetten in elektrische energie.
- Je kunt het rendement berekenen met de formules:
  $\eta = \frac{E_{af}}{E_{op}} \cdot 100\%$ en $\eta = \frac{P_{af}}{P_{op}} \cdot 100\%$

BEGRIPPEN

energie-omzetting
Proces waarbij de ene soort energie verandert in een andere of in verschillende andere energiesoorten.

fotosynthese
Proces in de groene delen van planten, waarbij de stralingsenergie van zonlicht wordt omgezet in chemische energie.

omvormer
Apparaat dat de elektrische energie van zonnepanelen geschikt maakt voor het lichtnet, zodat de energie door apparaten in huis kan worden gebruikt.

piekvermogen
Het maximale elektrisch vermogen dat alleen onder ideale omstandigheden wordt gehaald.

rendement
Percentage dat aangeeft welk deel van de opgenomen energie wordt omgezet in de gewenste energiesoort.

stralingsenergie
Energie in de straling die een voorwerp uitzendt, zoals de energie in het licht van de zon.

zonnecel
Onderdeel van een zonnepaneel dat elektrische energie produceert als er zonlicht op valt.

zonnepaneel
Plaat waarop een aantal zonnecellen is gemonteerd.

11.3 WINDENERGIE

ONTHOUD

- Alles wat beweegt heeft bewegingsenergie. Die bewegingsenergie kun je benutten, bijvoorbeeld om de wieken van een windmolen in beweging te brengen, een bal weg te schoppen of een spijker in een balk te slaan.
- Je kunt de bewegingsenergie van een bewegend voorwerp (of een hoeveelheid bewegende lucht) berekenen met de formule: $E_k = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2$
- Een windturbine zet de bewegingsenergie van wind (bewegende lucht) om in elektrische energie.
- Je kunt een wisselspanning opwekken door een magneet in een spoel heen en weer te bewegen. Door het steeds veranderende magneetveld ontstaat er dan een spanning tussen de uiteinden van de spoel.
- Een fietsdynamo bestaat uit een ronde magneet op een as en een stuk weekijzer waar een spoel omheen zit. Wanneer de magneet ronddraait, wordt het stuk weekijzer steeds op een andere manier gemagnetiseerd. Hierdoor verandert het magneetveld in de spoel steeds van grootte en richting. Zo wordt er een wisselspanning opgewekt tussen de uiteinden van de spoel. Als je de veranderingen in spanning in een grafiek tekent, zie je een golfpatroon ontstaan.
- De generator in een windturbine werkt op een vergelijkbare manier als een dynamo. Hoe harder het waait, des te sneller draait de as van de generator rond, en des te groter is het opgewekte elektrisch vermogen. Bij de hoogst toegestane snelheid levert de windturbine zijn maximale elektrisch vermogen, ook wel het piekvermogen genoemd.

BEGRIPPEN

bewegingsenergie
Energie die bewegende dingen hebben als gevolg van het feit dat ze bewegen.

kinetische energie
Andere naam voor bewegingsenergie.

permanente magneet
Stuk metaal dat blijvend magnetisch is gemaakt.

weekijzer
Soort ijzer dat je heel gemakkelijk magnetisch kunt maken, maar dat zijn magnetisme ook heel gemakkelijk weer verliest.

windturbine
Moderne windmolen die elektrische energie produceert.

wisselspanning
Spanning die afwisselend groter en kleiner wordt en waarbij de plus en min steeds van plaats verwisselen.

wisselstroom
Stroom die steeds van grootte en richting verandert.

11.4 WATERKRACHT

ONTHOUD

- Een waterkrachtcentrale maakt gebruik van de zwaarte-energie van het water in een stuwmeer. Om het waterpeil in het meer constant te houden, laat het energiebedrijf regelmatig water uit het meer wegstromen. Het wegstromende water wordt gebruikt om een waterturbine te laten draaien, die gekoppeld is aan een generator. De generator wekt dan elektrische energie op.
- Je kunt de zwaarte-energie van een voorwerp (of van een hoeveelheid water) berekenen met de formule: $E_z = m \cdot g \cdot h$
- Als je een voorwerp recht omhoog gooit of schopt, wordt de bewegingsenergie van het voorwerp steeds verder omgezet in zwaarte-energie. Op het hoogste punt is er alleen nog zwaarte-energie over. Als het voorwerp daarna naar beneden valt, wordt de zwaarte-energie weer omgezet in bewegingsenergie.
- Voor een voorwerp dat omhoog wordt gegooid, of van een bepaalde hoogte naar beneden valt, geldt de regel: E_z op het hoogste punt = E_k op het laagste punt. Hiermee kun je:
  - de hoogte *h* uitrekenen als de snelheid *v* op het laagste punt is gegeven;
  - de snelheid *v* op het laagste punt uitrekenen, als de hoogte *h* is gegeven.
- Je kunt energiebronnen vergelijken op vier punten: prijs, duurzaamheid, beschikbaarheid en effecten op het milieu.
- In Nederland worden verschillende energiebronnen gebruikt. Fossiele brandstoffen scoren goed op beschikbaarheid en slecht op duurzaamheid en het milieu, denk aan klimaatverandering. Zon en wind scoren goed op duurzaamheid, maar slecht op beschikbaarheid. Over het effect van zonne- en windenergie op het (leef)milieu is veel onenigheid, vooral als het over hoge windturbines gaat.

BEGRIPPEN

potentiële energie
Andere naam voor zwaarte-energie.

waterkrachtcentrale
Centrale die de zwaarte-energie van het water in een stuwmeer omzet in elektrische energie.

waterturbine
Wiel met schoepen dat door stromend water aan het draaien wordt gebracht.

zwaarte-energie
Energie die een voorwerp heeft door de hoogte waarop het zich bevindt.

11.5 ENERGIE BESPAREN

ONTHOUD

- Voor elke energie-omzetter geldt de wet van behoud van energie. Bij energie-omzettingen gaat nooit energie verloren. Er komt ook nooit nieuwe energie bij. De totale hoeveelheid energie is voor en na de energie-omzetting even groot.
- Maar al blijft de hoeveelheid energie constant, vaak neemt de waarde van de energie wel af. Er verdwijnen waardevolle soorten energie, zoals chemische en elektrische energie. Er ontstaan soorten energie waar je niet zoveel mee kunt, zoals (afval)warmte en geluid.
- Zuinig met energie zijn houdt in dat je zuinig bent met chemische en elektrische energie. Je probeert je verbruik van deze waardevolle soorten energie zo laag mogelijk te houden.
- Je kunt (elektrische en chemische) energie besparen door energiezuinige apparaten te gebruiken en door je levensstijl te veranderen: meer fietsen en minder autorijden bijvoorbeeld.
- Gloeilampen hebben een heel laag rendement en mogen daarom in de EU niet meer verkocht worden. Ledlampen hebben een veel hoger rendement, acht tot tien keer dan dat van gloeilampen. Spaarlampen zitten qua rendement tussen gloeilampen en ledlampen in.
- Je kunt het energieverbruik van apparaten berekenen met de formule: $E = P \cdot t$
  - als je het vermogen P invult in W en de tijd t in s, vind je het energieverbruik E in J;
  - als je het vermogen P invult in kW en de tijd t in h, vind je het energieverbruik E in kWh.
- Een energielabel geeft aan in welke energieklasse een elektrisch apparaat valt. De schaal loopt van A (groen, het meest zuinig) tot G (rood, het minst zuinig).

BEGRIPPEN

energielabel
Label dat aangeeft hoe energiezuinig een product is; elektrische apparaten, maar ook auto’s en huizen moeten verplicht zo’n label hebben.

energiezuinig
Eigenschap van een apparaat dat het weinig energie nodig heeft om een bepaalde taak uit te voeren (vergeleken met soortgelijke apparaten).

gloeilamp
Lamp die licht produceert met een gloeidraad die gloeiend heet wordt als er stroom doorheen loopt.

ledlamp
Lamp die licht produceert op een elektronische manier, met behulp van leds.

spaarlamp
Lamp die licht produceert door een elektrische stroom door een dun gebogen buisje met gas te sturen.

wet van behoud van energie
Regel die stelt dat er bij een energie-omzetting geen energie verloren gaat; de hoeveelheid energie blijft even groot.


Ga naar de *Flitskaarten*.

12 Elektriciteit

ELEKTRISCHE INSTALLATIES
Een auto heeft een uitgebreide elektrische installatie, net als een woonhuis, een festivalterrein en een bedrijfsgebouw. Dankzij een elektrische installatie is er overal elektrische energie beschikbaar waar je die nodig hebt. Zo'n installatie is bovendien goed beveiligd, zodat gebruikers geen onnodige risico's lopen.

INTRODUCTIE

THEORIE

PRACTICA

AFSLUITING




CAPTURED
LIVE
BACKLINE-RENTAL
GERMANY
PRONORTE

Wat weet je al over elektriciteit?

LEERDOELEN

1 Je kunt rekenen met de eenheid van stroomsterkte.
2 Je kunt berekeningen uitvoeren met de spanning, de stroomsterkte en de weerstand.
3 Je kunt het energieverbruik van elektrische apparaten berekenen in kilowattuur.
4 Je kunt het verschil uitleggen tussen een serie- en een parallelschakeling.
5 Je kunt de vervangingsweerstand van een serieschakeling berekenen.
6 Je kunt berekeningen uitvoeren met rendement en energie, en met rendement en vermogen.

In de hoofdstukken 1 en 6 van Nova nask 1 leerjaar 3 en de hoofdstukken 9 en 11 van dit leerjaar heb je al een aantal dingen over elektriciteit geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Reken om.

a 200 mA = ... A

b 38 mA = ... A

c 0,121 A = ... mA

d 0,008 A = ... mA

2 Yannick sluit een weerstand aan op een batterij. De spanning over de batterij is 3,0 V.
Daarna meet hij de stroomsterkte door de weerstand. Deze is 12 mA.
Bereken de waarde van Yannicks weerstand.

....

....

....

....

3 Een lamp met een vermogen van 15 W brandt 18 uur op een dag.
Bereken hoeveel energie de lamp die dag heeft verbruikt.

....

....

....

....

4

a Welke soort schakeling is getekend in het schakelschema van afbeelding 1?
serieschakeling / parallelschakeling

b Bereken de totale weerstand (R_v).

....

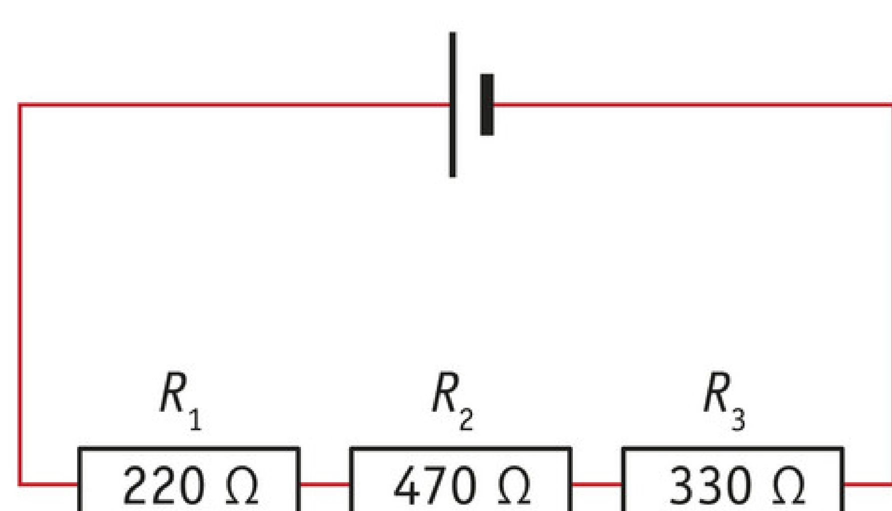
....

....

....

....

....



afbeelding 1 Een schakeling met drie weerstanden.

5

Reken om.

a 20 kΩ = ... Ω

b 4,7 kΩ = ... Ω

c 18 000 Ω = ... kΩ

d 820 000 Ω = ... kΩ

6

Een ledlamp neemt 11 W aan elektrisch vermogen op. De lamp levert 5 W aan licht.
Bereken het rendement van de lamp.

....

....

....

....

....



Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Stroom en spanning

LEERDOELEN

12.1.1 Je kunt uitleggen hoe je de stroomkring door een apparaat opent en sluit.
12.1.2 Je kunt beredeneren in welke richting de stroom door een stroomkring beweegt.
12.1.3 Je kunt uitleggen of een diode de stroom doorlaat of tegenhoudt.
12.1.4 Je kunt uitleggen hoe je een led in een schakeling aansluit.
12.1.5 Je kunt berekeningen uitvoeren met de capaciteit, de stroomsterkte en de tijd.
12.1.6 Je kunt berekeningen uitvoeren met het vermogen, de spanning en de stroomsterkte.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	12.1.1	12.1.2	12.1.3	12.1.4	12.1.5	12.1.6	1.1.2*
Onthouden	1a	1b	1c	1d		1e, 2, 3abc	
Begrijpen				7		9b	
Toepassen		4ab, 5	6ab		8abc, 10bc	9c, 10ad	9a
Analyseren			6cd				

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Een benzineauto heeft een accu als elektrische spanningsbron. Toch hoeft een automobilist zijn auto niet aan een lader te leggen. Hoe wordt er dan voor gezorgd dat de accu opgeladen blijft?

EEN GESLOTEN STROOMKRING MAKEN

Een auto heeft tientallen onderdelen die op elektrische energie werken: de startmotor, de koplampen, de achterruitverwarming, de boordcomputer, de ruitenwissers, enzovoort. Daarom heeft een auto, net als een woonhuis, een uitgebreide elektrische installatie. De totale lengte van de kabels kan oplopen tot meer dan 2 km.

Veel onderdelen van een auto kun je met een schakelaar op het dashboard zelf bedienen. Zo kun je bijvoorbeeld de achterruitverwarming aanzetten (afbeelding 1). Je maakt dan een **gesloten stroomkring**: een geleidende verbinding van de accu naar de achterruitverwarming en weer terug. Elk elektrisch apparaat sluit je in principe op deze manier aan: je maakt een gesloten stroomkring zodat er stroom door het apparaat gaat lopen.



afbeelding 1 Zo zet je de achterruitverwarming aan.

Op het dashboard vind je verschillende soorten schakelaars. Voor de achterruitverwarming is er een gewone schakelaar (afbeelding 2a). Zo'n schakelaar blijft in de AAN-stand staan als je hem loslaat. De claxon bedien je met een drukschakelaar. Deze schakelaar veert meteen weer terug naar de UIT-stand als je hem loslaat (afbeelding 2b). Er zijn ook onderdelen die automatisch worden in- en uitgeschakeld.

afbeelding 2 De schakelsymbolen van een gewone schakelaar (a) en een drukschakelaar (b).



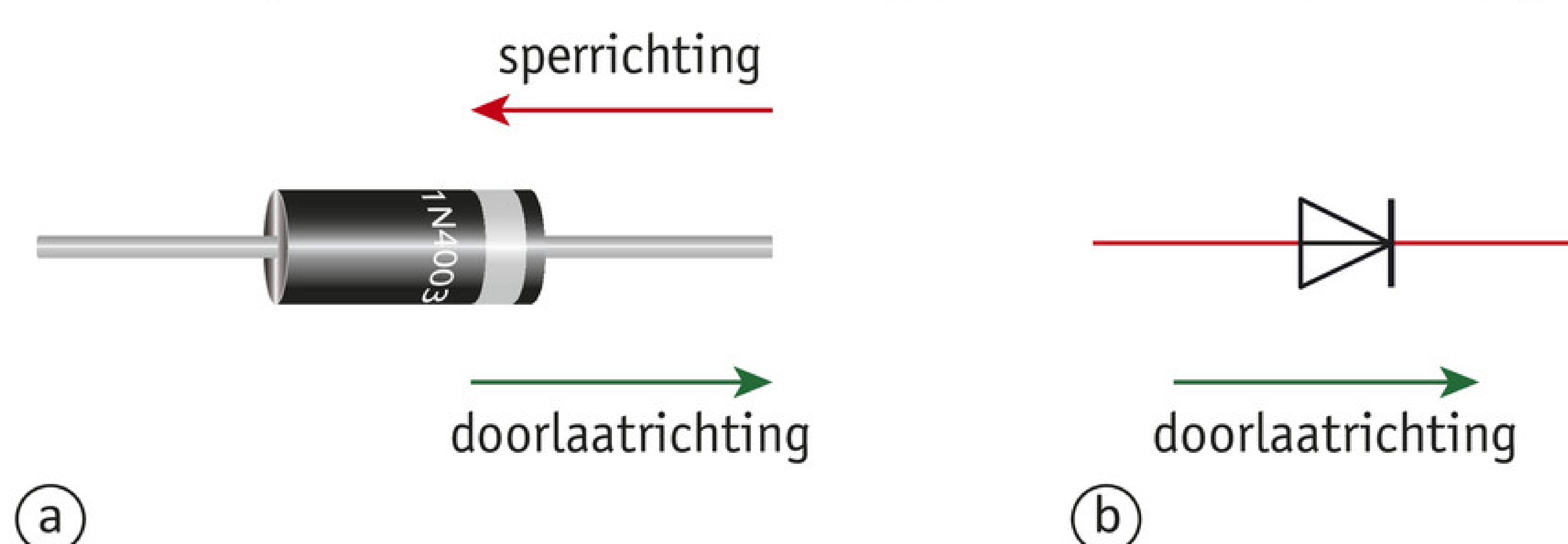
DE STROOMRICHTING

Je kunt een auto-accu vergelijken met een oplaadbare batterij. Zo'n accu kan net als een oplaadbare batterij een tijdlang een constante spanning leveren. Zo'n vaste, onveranderlijke spanning noem je **gelijkspanning**. Een doorsnee accu bestaat uit zes 'cellen' die in serie zijn geschakeld. Samen leveren ze een spanning van 6 × 2 = 12 volt.

Een accu heeft net als een batterij een **pluspool** en een **minpool**. De stroom loopt altijd van plus naar min, van de pluspool van de spanningsbron naar de minpool. Bij het aansluiten van sommige onderdelen moet je rekening houden met de stroomrichting. Dat geldt bijvoorbeeld voor een diode. Een diode werkt niet zoals bedoeld, als je haar per ongeluk 'verkeerd om' aansluit.

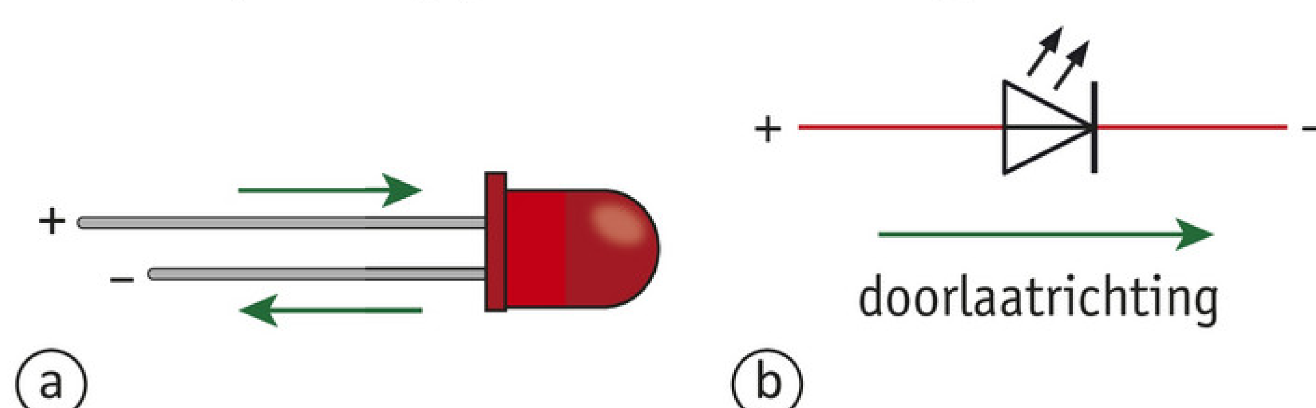
Een **diode** is een schakelonderdeel dat de stroom maar in één richting doorlaat (afbeelding 3). Als je een diode in de doorlaatrichting aansluit, heeft ze een heel kleine weerstand. De stroom kan er bijna ongehinderd doorheen lopen. Als je een diode andersom aansluit – in de sperrichting – is haar weerstand juist heel groot. De diode laat dan geen stroom door.

afbeelding 3 Een diode: in het echt (a) en als schakelsymbool (b).



Een **led** is een diode die licht uitzendt (led = light emitting diode). Leds worden onder andere gebruikt als controlelampjes. Je moet een led aansluiten in de doorlaatrichting, anders werkt ze niet. Om je te helpen, hebben de aansluitpoten van een led verschillende lengtes. Als je de langste poot met de plus verbindt en de kortste met de min, loopt de stroom in de juiste richting door de led (afbeelding 4).

afbeelding 4 Een led: in het echt (a) en als schakelsymbool (b) met doorlaatrichting.



CAPACITEIT

Een auto-accu kan net als een batterij niet onbeperkt elektrische energie leveren. Een auto heeft daarom behalve een accu ook een dynamo. Als de auto rijdt, wordt er door de dynamo elektrische energie opgewekt. Met die elektrische energie wordt de accu al rijdend opgeladen. Daardoor hoeft de accu bij verstandig gebruik nooit leeg te raken.

Op accu's en batterijen staat vaak de **capaciteit** aangegeven. Met dat gegeven kun je berekenen hoelang een accu of batterij energie kan blijven leveren. De accu in afbeelding 5 heeft bijvoorbeeld een capaciteit van 60 Ah. Dat betekent dat deze accu:

- 60 uur lang energie kan blijven leveren, als de stroomsterkte 1 A is;
- 30 uur lang energie kan blijven leveren, als de stroomsterkte 2 A is;
- 10 uur lang energie kan blijven leveren, als de stroomsterkte 6 A is; enzovoort.



afbeelding 5 Een accu van 60 Ah en 12 V.

De capaciteit is dus gelijk aan de stroomsterkte vermenigvuldigd met de gebruikstijd. Dat kun je ook schrijven met de formule:

capaciteit = stroomsterkte × tijd

Of in symbolen:

$C = I \cdot t$

In deze formule is:

- C de capaciteit in ampère-uur (Ah);
- I de stroomsterkte in ampère (A);
- t de gebruikstijd van de batterij in uren (h).

Batterijen hebben een veel kleinere capaciteit dan accu's. De capaciteit van batterijen wordt daarom opgegeven in milliampère-uur (mAh). Dit is de stroomsterkte in milliampère (mA) × de gebruikstijd in uren (h).

VOORBEELDOPDRACHT 1

Een leeslampje kan 20 uur werken op één batterij van 1600 mAh.
Bereken de stroomsterkte door het lampje.

gegevens C = 1600 mAh
t = 20 h

gevraagd I = ? mAh

uitwerking $I = \frac{C}{t} = \frac{1600}{20} = 80$ mA

ELEKTRISCH VERMOGEN

PROEF 1

De hoeveelheid elektrische energie die een apparaat per seconde opneemt, noem je het **elektrisch vermogen**. Uit proeven blijkt dat het elektrisch vermogen evenredig is met de spanning én met de stroomsterkte. Daarom kun je het elektrisch vermogen berekenen met de formule:

vermogen = spanning × stroomsterkte

In symbolen schrijf je dit als:

$P = U \cdot I$

In deze formule is:

- P het elektrisch vermogen van het apparaat in watt (W);
- U de spanning over het apparaat in volt (V);
- I de stroomsterkte door het apparaat in ampère (A).

De formule voor het elektrisch vermogen $P = U \cdot I$ wordt vaak gebruikt in combinatie met de formule $E = P \cdot t$. Je rekent eerst het vermogen uit met $P = U \cdot I$ en daarna het (elektrisch) energieverbruik met $E = P \cdot t$.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Hamid heeft een proef uitgevoerd met een ventilator uit een computer. In afbeelding 6 zie je zijn proefopstelling. Als de ventilator op de juiste spanning (4,3 V) werkt, geeft de stroommeter een stroomsterkte aan van 48 mA.
Bereken hoeveel elektrische energie de ventilator in één minuut verbruikt.



afbeelding 6 De proef van Hamid.

gegevens U = 4,3 V
I = 48 mA = 0,048 A
t = 1 min = 60 s

gevraagd E = ? J

uitwerking $P = U \cdot I = 4{,}3 \times 0{,}048 = 0{,}206$ W

$E = P \cdot t = 0{,}206 \times 60 = 12{,}4$ J

De accu van een auto moet allerlei elektrische onderdelen tegelijk van elektrische energie voorzien: koplampen, achterlichten, ventilator, brandstofpomp, enzovoort. Het afgegeven vermogen van de accu is even groot als het vermogen van al die onderdelen samen. Vaak kan de accu dit vermogen maar korte tijd leveren, als hij niet tegelijk door de dynamo weer wordt opgeladen.


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Een schakeling kun je .... en .... met een .... schakelaar en een ....schakelaar.

b De stroom loopt altijd van de .... van een spanningsbron naar de ....

c Een diode is een schakelonderdeel dat de .... maar in één .... doorlaat.

d Een led is een .... die .... uitzendt, als je haar in de juiste richting aansluit.

e De .... van een accu is gelijk aan de .... × de gebruikstijd.

2 In tabel 1 zie je een overzicht van grootheden en eenheden.
Vul de ontbrekende gegevens in.

tabel 1 Grootheden en eenheden.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
spanning			
			A
	P		
		joule	

3 Vul in.

a De hoeveelheid elektrische .... die een apparaat per .... opneemt, noem je het elektrisch vermogen.

b Het elektrisch vermogen is .... met de .... én met de stroomsterkte.

c Je kunt het elektrisch vermogen daarom berekenen met de formule ....

TOEPASSING

4  In afbeelding 7 zijn een spanningsbron een stroommeter en twee lampjes getekend.

a Teken de ontbrekende snoeren, zodat een serieschakeling ontstaat en de stroom door de schakeling gemeten kan worden.

b Geef de stroomrichting aan door pijlen in de stroomkring te tekenen.



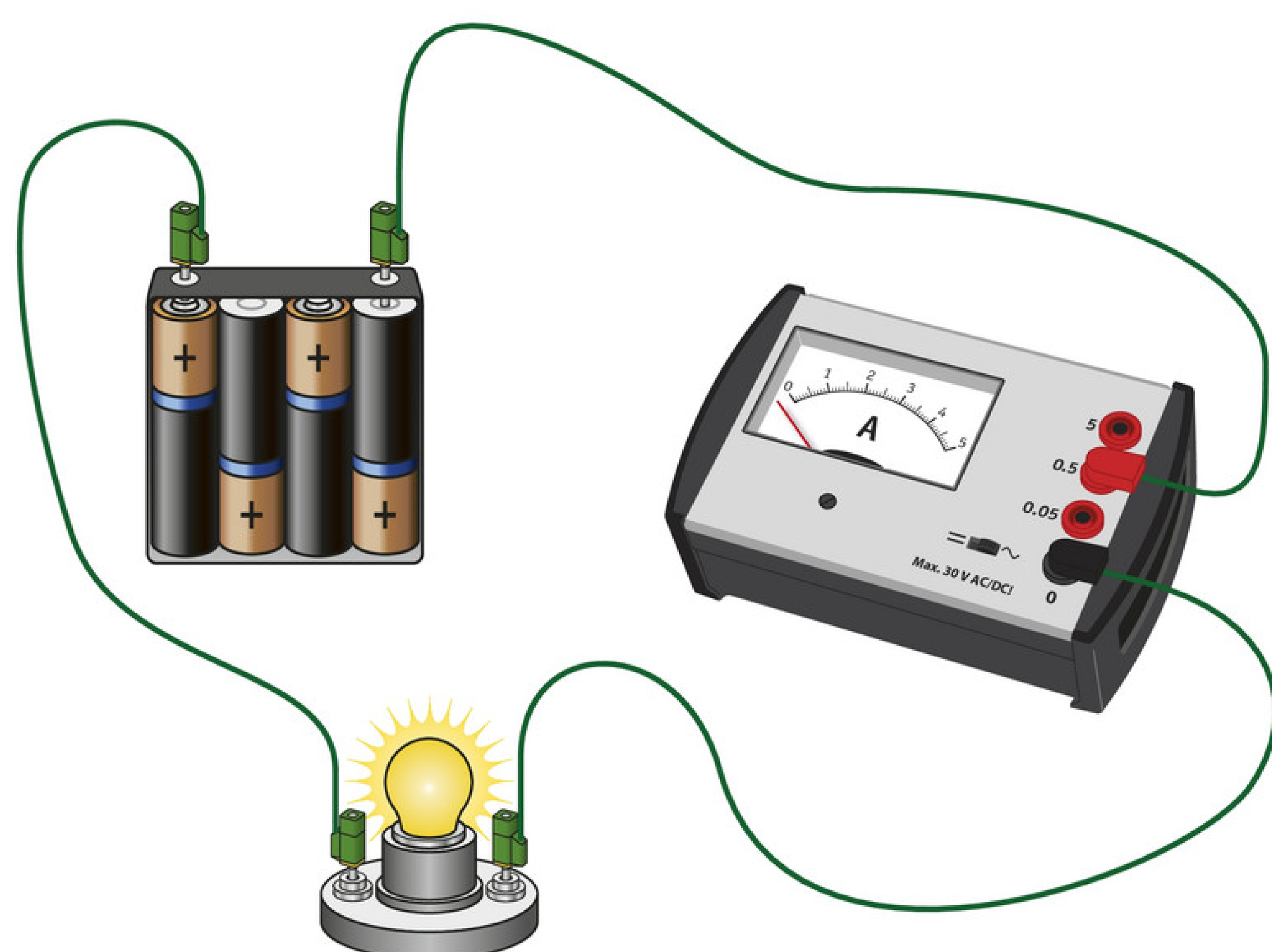
afbeelding 7 Hoe loopt de stroom rond?

5 Erik maakt de schakeling van afbeelding 8. Als hij de stroomsterkte wil aflezen, lukt dat niet. De wijzer van de stroommeter slaat uit naar de verkeerde kant.
Wat moet Erik aan de schakeling veranderen om de stroomsterkte door het lampje te kunnen meten? Er zijn twee mogelijkheden. Noteer ze allebei.

....

....

....



afbeelding 8 De wijzer slaat uit naar de verkeerde kant.
Hoe los je dat op?

★ 6  Anil heeft een schakeling gebouwd met vier diodes (afbeelding 9).

a Teken in afbeelding 9a hoe de stroom door zijn schakeling rondloopt. Tip: begin linksboven, bij de pijl die al is getekend.

b Anil verwisselt de aansluiting op het voedingskastje: plus wordt min en min wordt plus.
Teken in afbeelding 9b hoe de stroom nu door zijn schakeling rondloopt. Tip: begin deze keer linksonder met tekenen.

c Moet Anil de aansluitsnoeren op de stroommeter ook omwisselen? Leg uit waarom wel of niet.

....

....

....

....

d Een schakeling van vier diodes zoals Anil heeft gemaakt, noem je een gelijkrichter. Leg uit wat met deze naam wordt bedoeld.

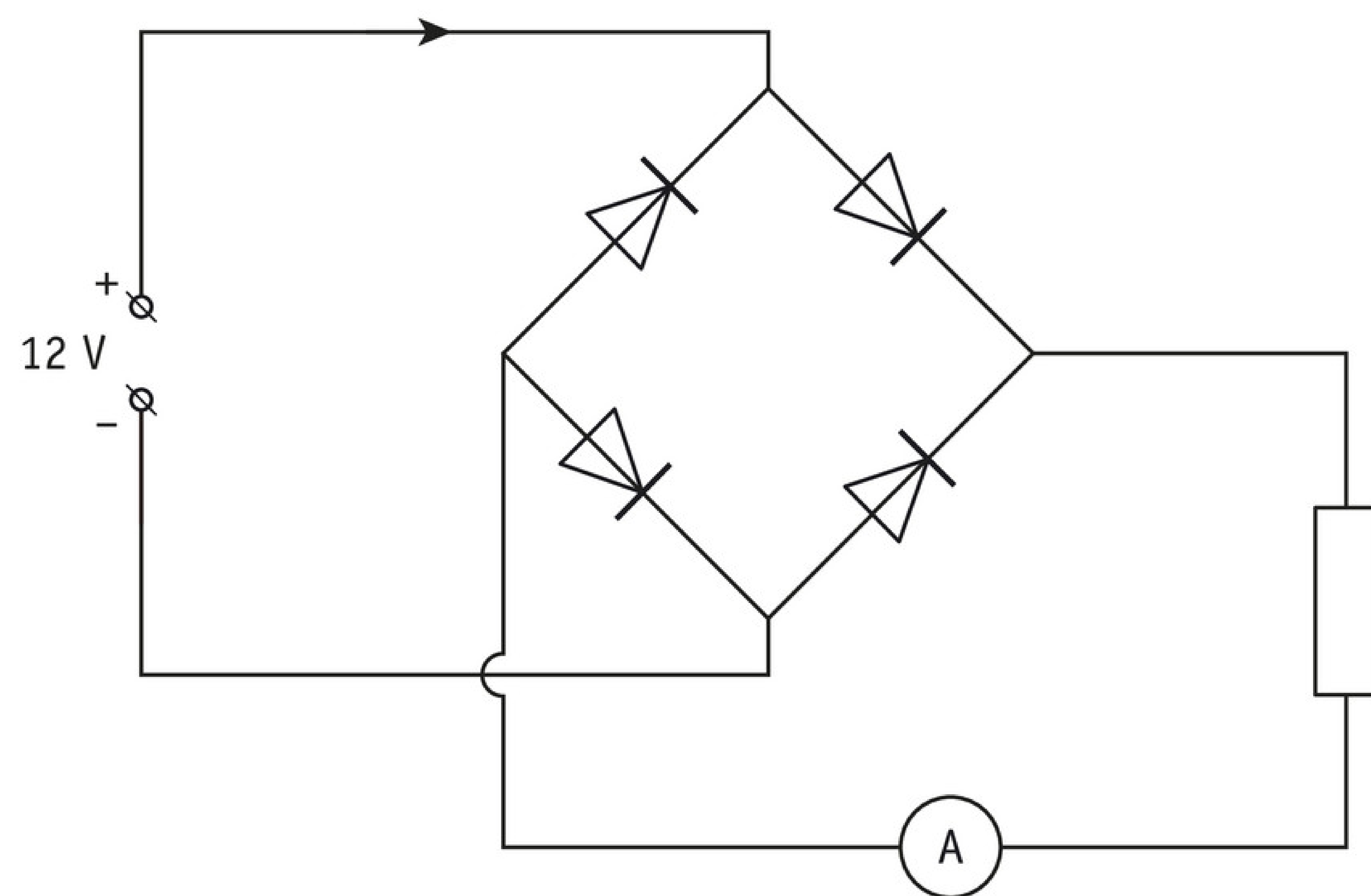
....

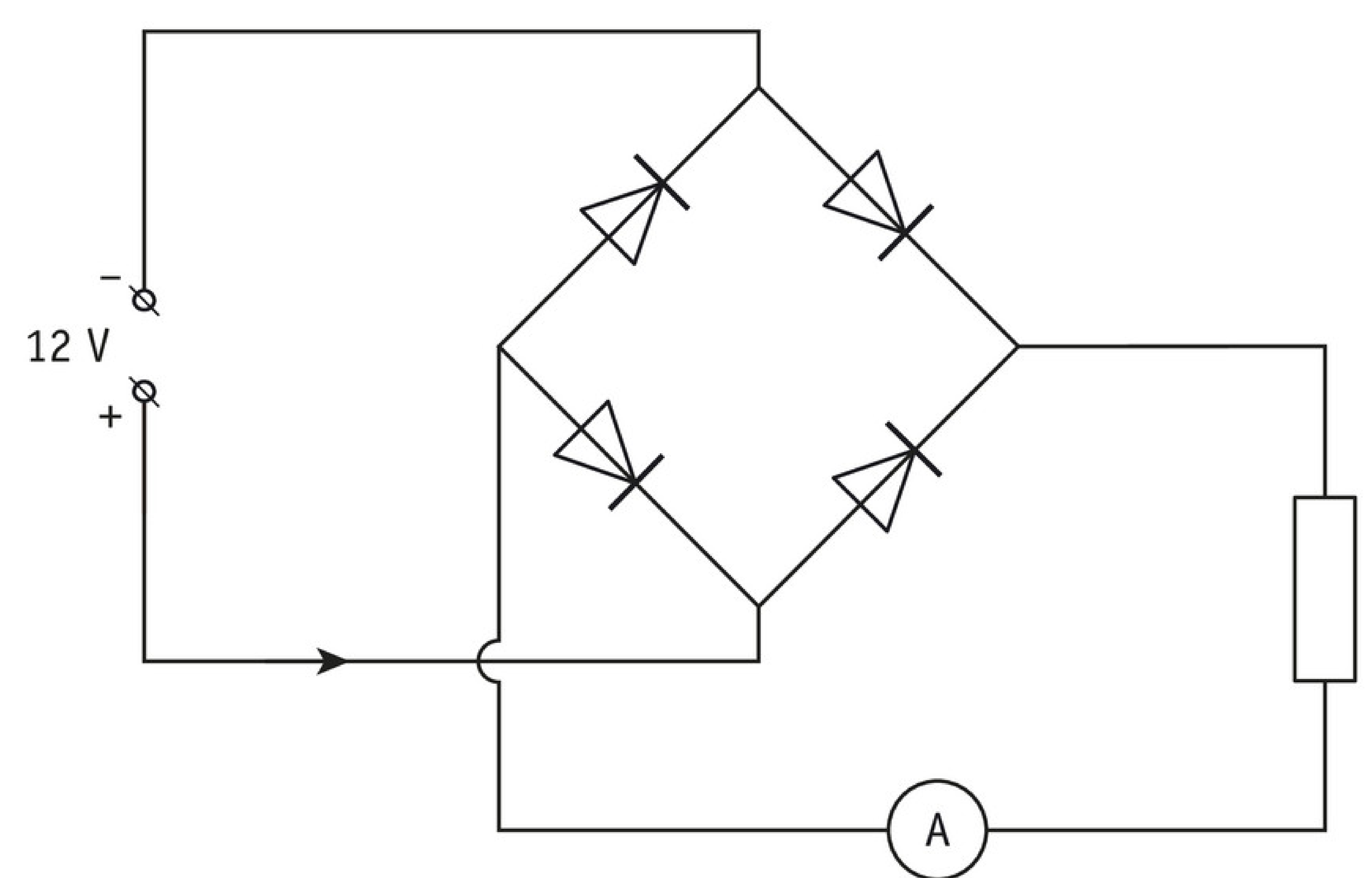
....

....

....

afbeelding 9 Hoe loopt de stroom door deze schakeling?





7 Een zendermicrofoon werkt op een batterij van 9 V. Als je de spanning inschakelt, gaat er een led branden. De voorschakelweerstand *R* zorgt ervoor dat de led niet doorbrandt. In afbeelding 10 zijn vier mogelijke schakelschema's getekend.
Welke schakelschema's zouden juist kunnen zijn? Licht je antwoord toe.

....

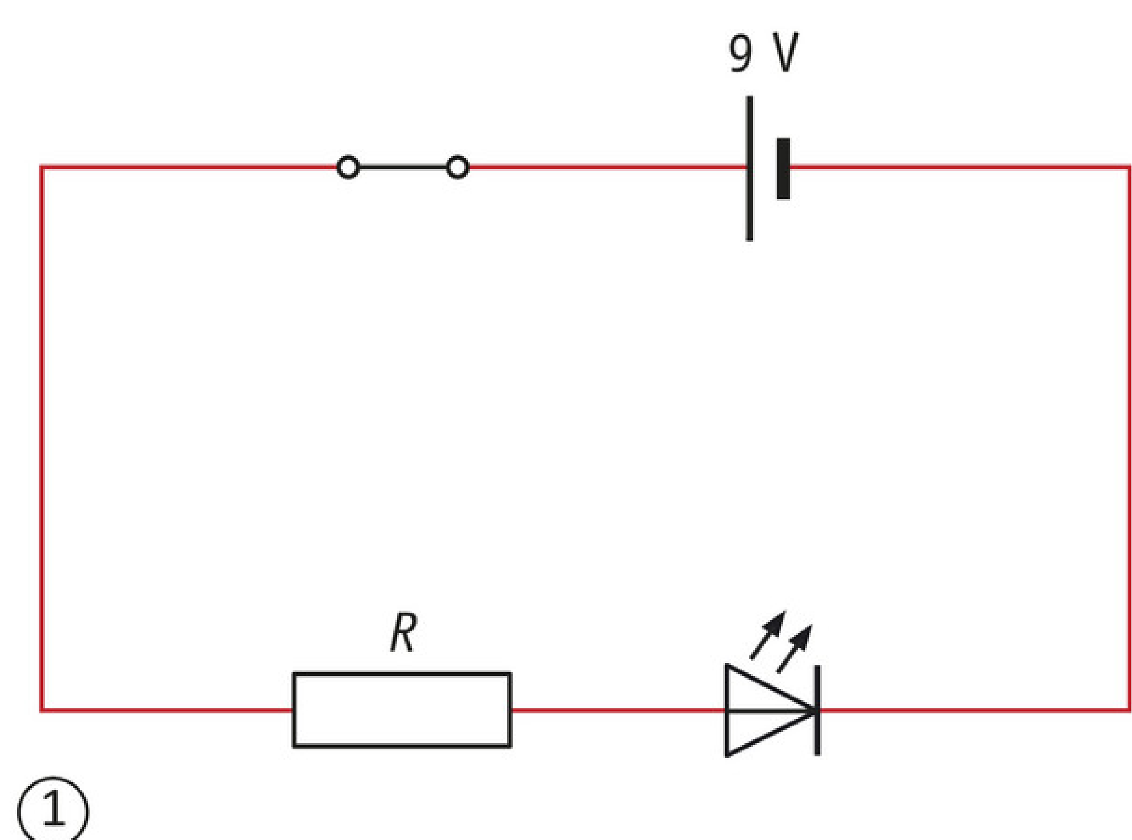
....

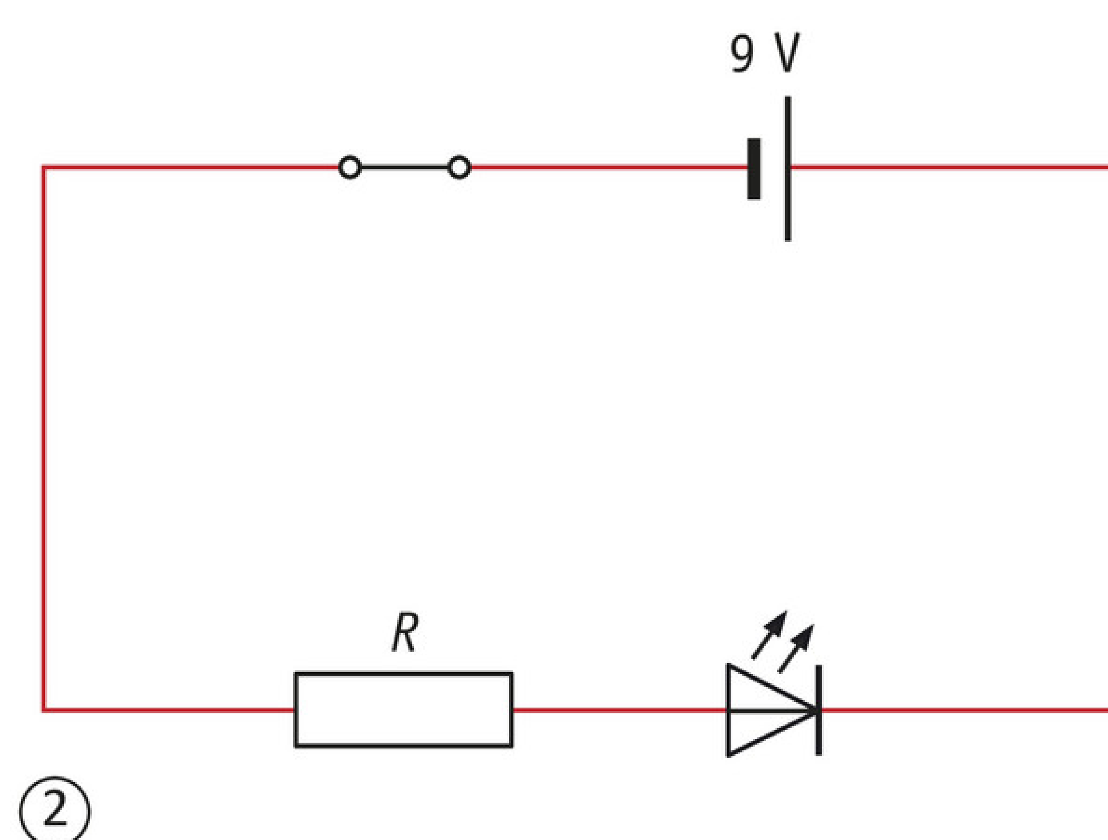
....

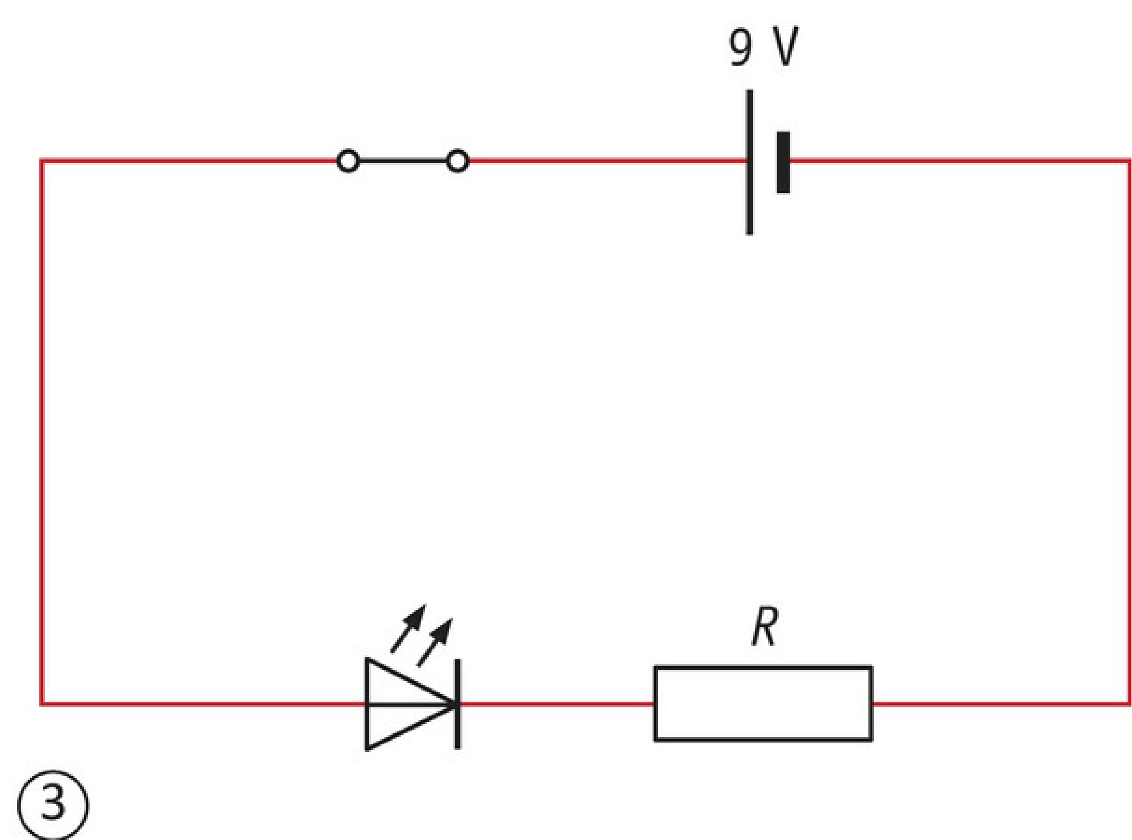
....

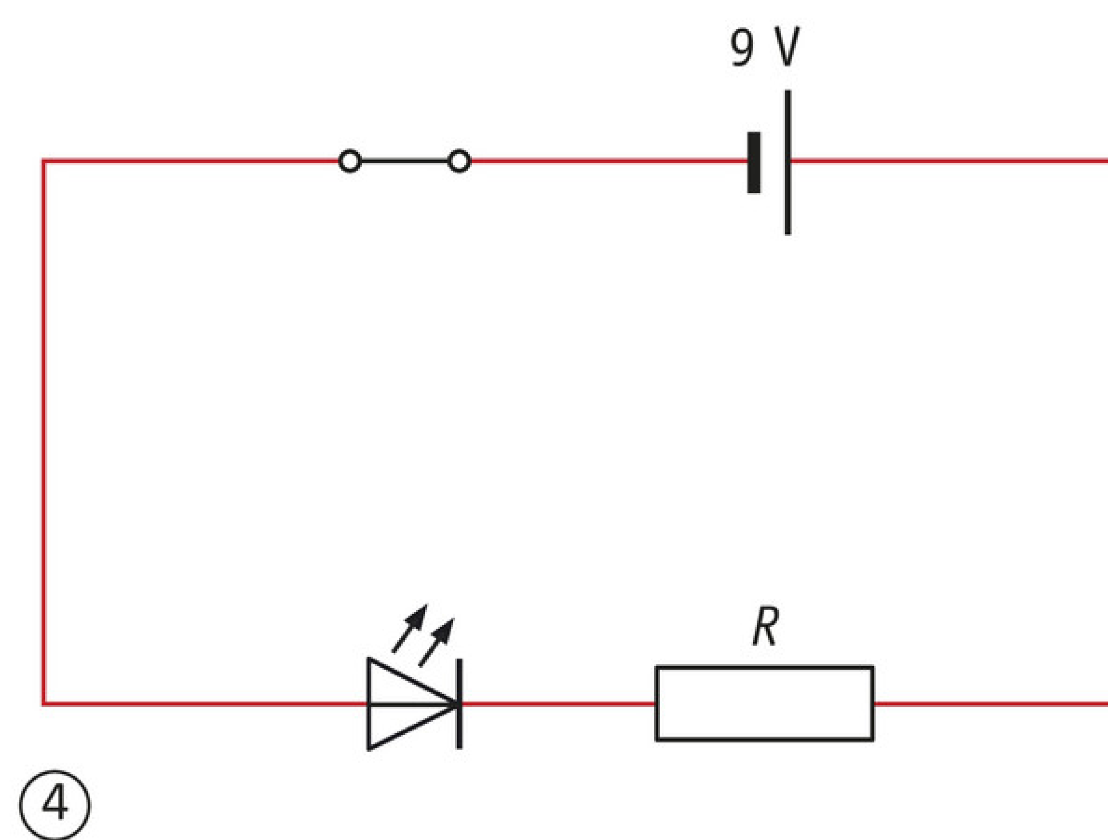
....

afbeelding 10 Een schakeling met een led als controlelampje.









8

Wietske doet twee oplaadbare AA-batterijen van elk 1800 mAh in haar zaklamp (afbeelding 11). Op deze twee batterijen kan de zaklamp 1,5 h blijven werken.

a Bereken hoe groot de stroomsterkte in ampère is, als Wietske de zaklamp gebruikt.

b Na een aantal keren opladen neemt de capaciteit van de batterijen af. Op een gegeven moment werkt de zaklamp nog maar 0,9 h op twee opgeladen batterijen.
Bereken tot welke waarde de capaciteit van elke batterij dan is gedaald.

c Er zijn ook AA-batterijen te koop van 3000 mAh per stuk.
Bereken hoelang Wietskes zaklamp op deze batterijen blijft werken.



afbeelding 11 Wietskes batterijen.

9   Zie de vaardigheid *Werken met meetinstrumenten*.

Vera wil het vermogen bepalen dat een batterij aan een lampje levert. In afbeelding 12 is haar schakeling gedeeltelijk weergegeven.

a Teken in afbeelding 12 hoe Vera de verschillende onderdelen met snoeren moet verbinden.

b Nadat Vera de schakeling heeft afgemaakt, kijkt ze op de beide meters (afbeelding 13). Noteer hoe groot de spanning en de stroomsterkte zijn.

U = ...

I = ...

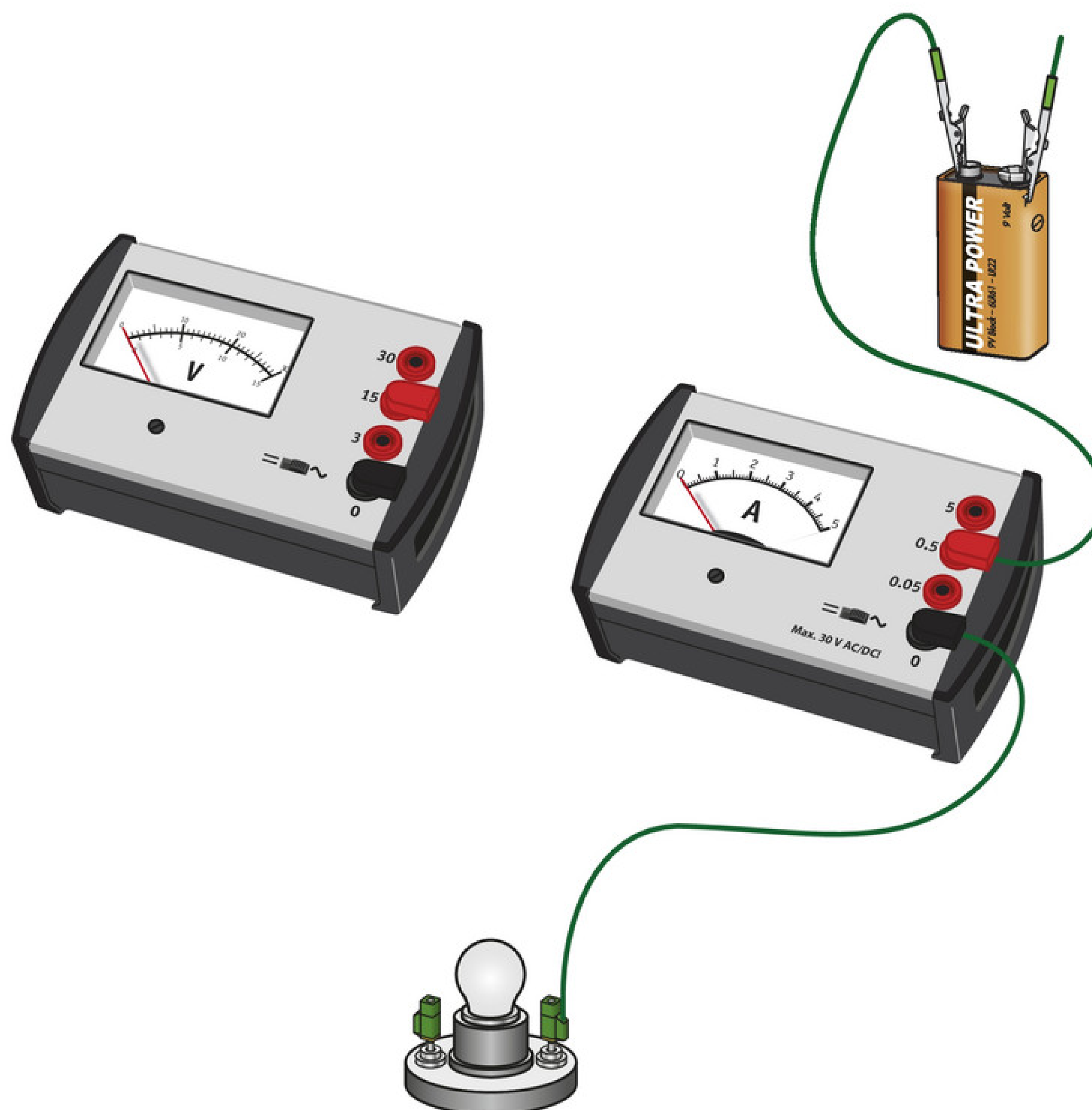
c Bereken hoe groot het vermogen is dat de batterij aan het lampje levert.

....

....

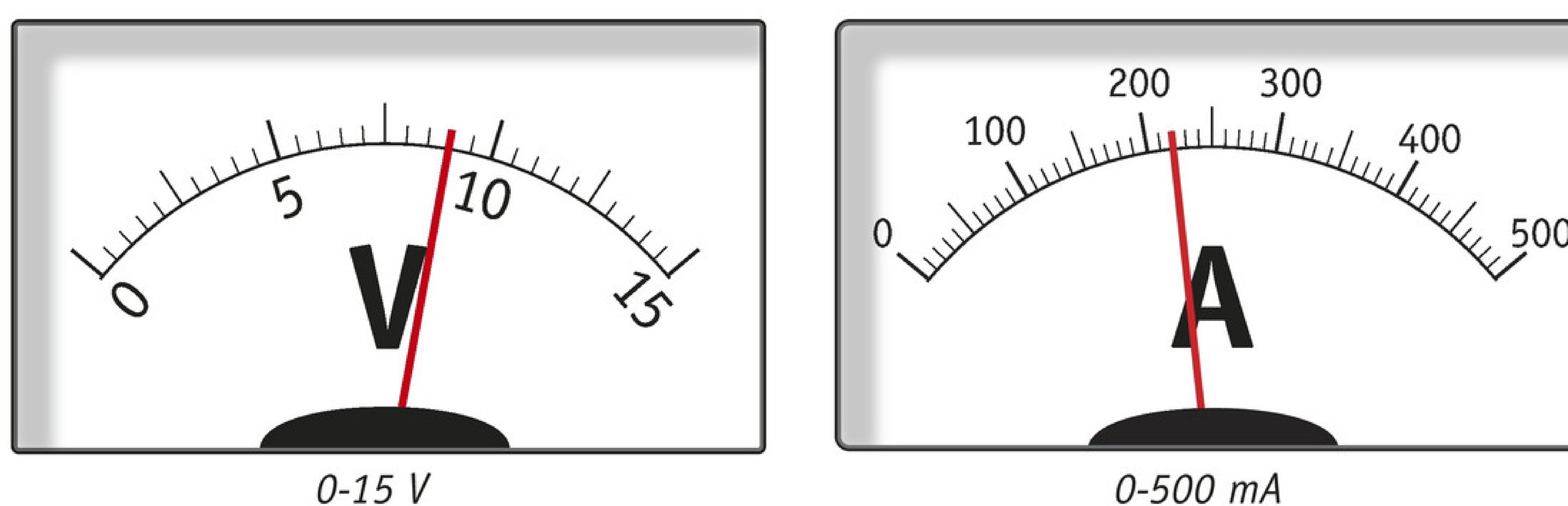
....

....



afbeelding 12 De proefopstelling van Vera.

afbeelding 13 De meetresultaten van Vera.



10  Zie de vaardigheid *Werken met voorvoegsels*.
In Henks telefoon zit een lithium-ion-accu die een spanning levert van 3,5 V. Als Henk zijn favoriete game speelt, levert de accu een vermogen van (gemiddeld) 0,45 W.

a Bereken de stroomsterkte als Henk aan het gamen is.

b De accu in de telefoon heeft een capaciteit van 1550 mAh.
Toon aan dat Henk ongeveer 12 uur met zijn telefoon kan gamen.

c In de stand-bystand kan de accu maar liefst 300 uur mee, voordat Henk hem weer moet opladen.
Bereken hoe groot de gemiddelde stroomsterkte in de stand-bystand is.

d Bereken het gemiddelde vermogen van de telefoon in de stand-bystand (in mW).

 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

2 Spanning transformeren

LEERDOELEN

12.2.1 Je kunt uitleggen wat het verschil is tussen hoogspanning, netspanning en veilige spanning.
12.2.2 Je kunt toelichten wat wordt bedoeld met: de netspanning in Nederland is 230 V / 50 Hz.
12.2.3 Je kunt uitleggen waarom veel apparaten een eigen adapter (netstekkervoeding) hebben.
12.2.4 Je kunt beschrijven hoe een transformator energie opneemt, omzet en weer afstaat.
12.2.5 Je kunt berekenen hoe een transformator de spanning transformeert.
12.2.6 Je kunt berekeningen uitvoeren met het opgenomen en afgegeven vermogen van een (ideale) transformator.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	12.2.1	12.2.2	12.2.3	12.2.4	12.2.5	12.2.6	11.2.5*	11.2.6*
Onthouden	2ac	2de		1abcde				
Begrijpen	2b			5abcd		3, 9e, 12e	8b, 9d	
Toepassen			8d	4ab	6abc, 7abc	9ab, 10		8a, 9c
Analyseren			8c					

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

De oplader van een mobiele telefoon is ingebouwd in de stekker die je in het stopcontact steekt. Wat doet zo'n oplader met de spanning die hij van het stopcontact krijgt?

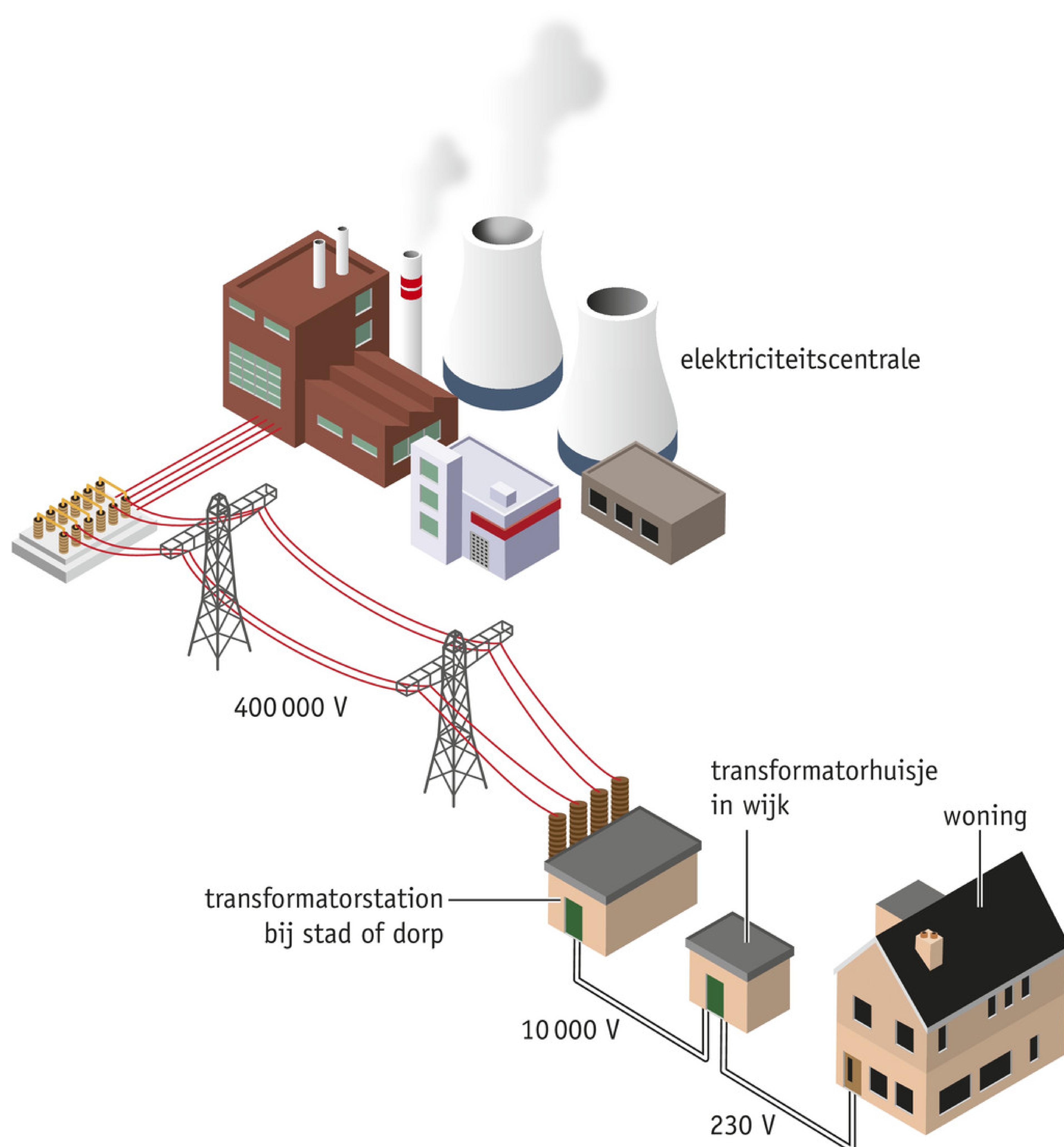
HET ELEKTRICITEITSNET

De generatoren van een elektriciteitscentrale of een windmolenpark produceren een wisselspanning, net als een dynamo. Het handige van een wisselspanning is dat ze gemakkelijk kan worden omgezet in een hogere of een lagere spanning. Je zegt dan dat de wisselspanning omhoog of omlaag wordt **getransformeerd**. Het apparaat dat de spanning transformeert, heet een **transformator**.

De spanning van de generatoren wordt bij een elektriciteitscentrale omhoog getransformeerd tot een hoogspanning van maximaal 400 000 V (afbeelding 1). De elektrische energie kan zo met het minste energieverlies worden vervoerd. Hoe hoger de spanning, des te kleiner is het energieverlies in de leidingen.

Bovengrondse hoogspanningsleidingen vervoeren elektrische energie naar verschillende verdeelstations. In die stations wordt de spanning weer omlaag getransformeerd tot 10 000 V. Daarna wordt de elektrische energie via ondergrondse kabels vervoerd naar woonwijken en industrieterreinen.

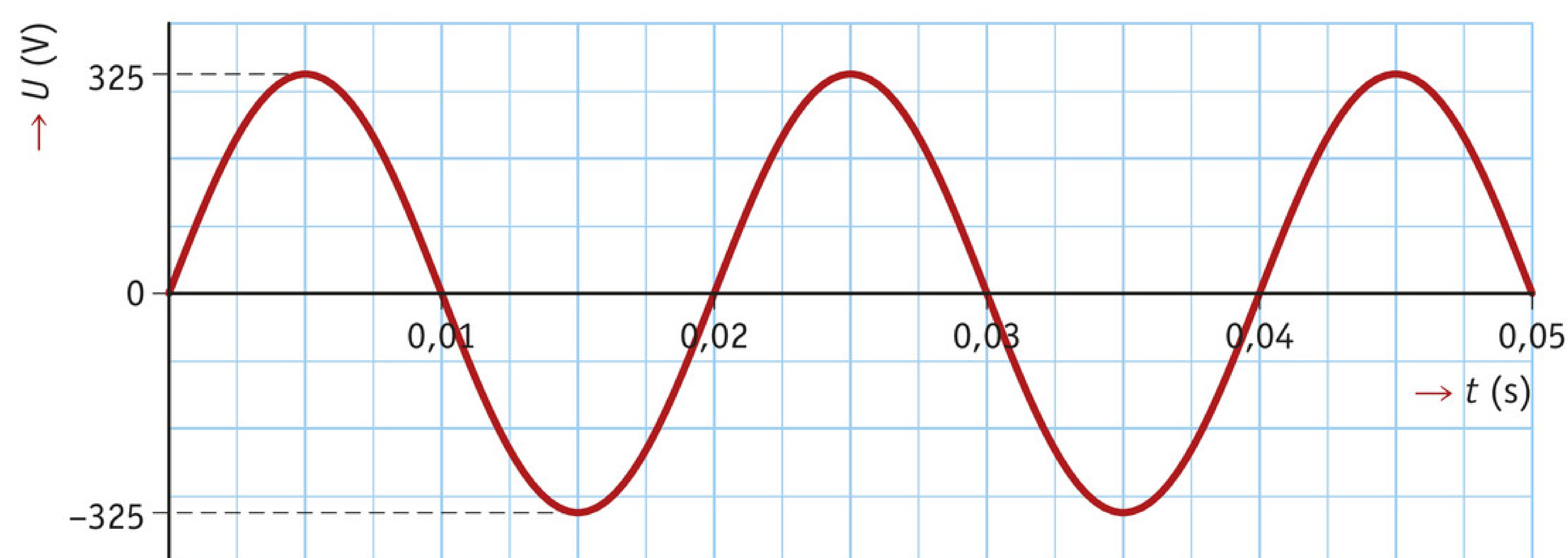
In elke woonwijk staan één of meer transformatorhuisjes. In zo'n huisje wordt de spanning nog verder omlaag getransformeerd, naar de **netspanning** die je in huis gebruikt (230 V). Daarna wordt de elektrische energie naar woningen getransporteerd.



afbeelding 1 Zo wordt de elektrische energie bij je thuis gebracht.

DE NETSPANNING

Het lichtnet bij je thuis levert een wisselspanning met een frequentie van 50 Hz. De spanning verandert volgens een golfpatroon dat zich vijftig keer per seconde herhaalt (afbeelding 2). De effectieve waarde van deze wisselspanning is 230 V. Dat wil zeggen dat je deze wisselspanning voor de meeste toepassingen kunt vervangen door een gelijkspanning van 230 V, zonder dat je een verschil merkt.



afbeelding 2 Een wisselspanning van 50 Hz en (effectief) 230 V.

Een (effectieve) spanning van 230 V is voor allerlei toepassingen nog te hoog. Je vindt in huis allerlei apparaten die een lagere spanning nodig hebben. Denk aan een telefoon, een laptop, een snoerloze boormachine, een babyfoon, enzovoort. Die spanning wordt geleverd door een transformator die de 230 V van het lichtnet omzet naar een veilige spanning van bijvoorbeeld 6, 9 of 12 V.

Sommige apparaten, zoals een desktopcomputer, hebben een ingebouwde transformator. Meestal maakt een transformator deel uit van de **adapter** (officiële naam: netstekkervoeding) van een apparaat. Vaak bevat zo'n adapter ook een **gelijkrichter**. Dat is een schakeling die van een wisselspanning een gelijkspanning maakt (afbeelding 3). Hierbij wordt gebruikgemaakt van diodes.

afbeelding 3 De symbolen voor wisselspanning (a) en gelijkspanning (b).



VOORBEELDOPDRACHT 1

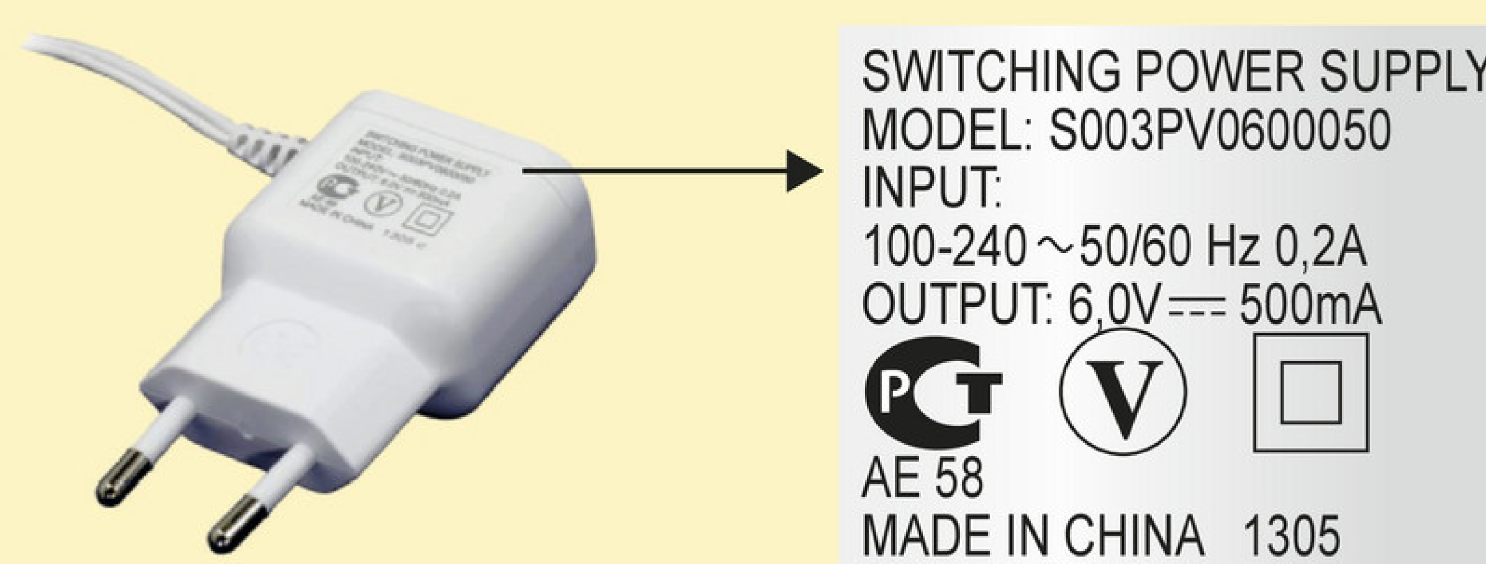
In afbeelding 4 zie je de adapter (netstekkervoeding) van een babyfoon. Bereken het maximale vermogen dat deze adapter kan leveren.

Voor het geleverde vermogen moet je kijken naar de output:

gegevens $U = 6{,}0$ V
$I = 500$ mA $= 0{,}5$ A

gevraagd $P = ?$ W

uitwerking $P = U \cdot I = 6{,}0 \times 0{,}5 = 3{,}0$ W



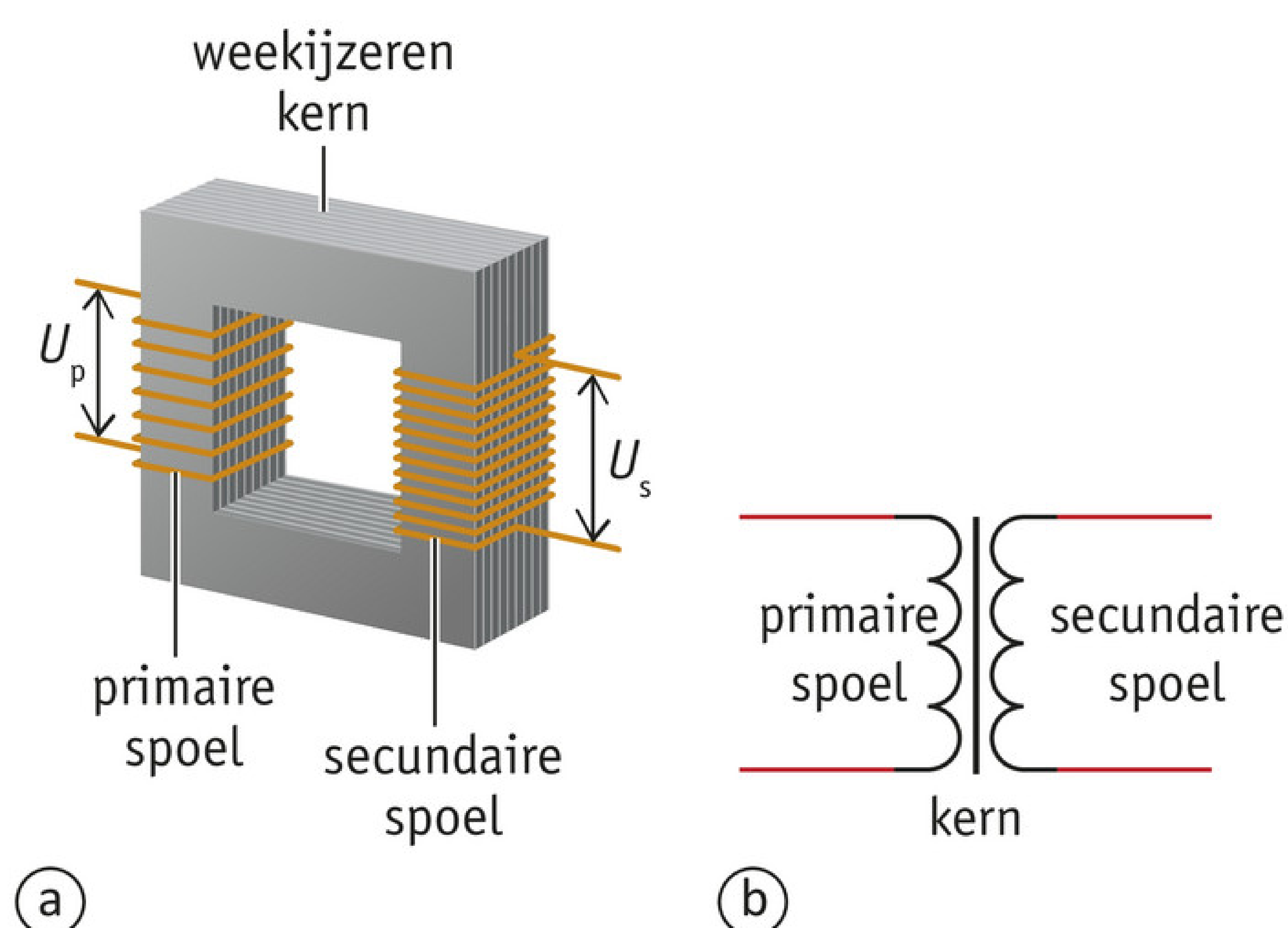
afbeelding 4 De adapter van een babyfoon.

DE TRANSFORMATOR

PROEF 2

In afbeelding 5 zie je een eenvoudige transformator. De transformator bestaat uit twee spoelen die om een weekijzeren kern zijn bevestigd. Je sluit de **primaire spoel** aan op de spanning die je wilt transformeren. Deze noem je de **primaire spanning** of U_p. De **secundaire spoel** levert dan een (omhoog of omlaag) getransformeerde spanning. Deze noem je de **secundaire spanning** of U_s.

afbeelding 5 Zo zit een transformator in elkaar (a) met rechts het schakelsymbool (b).



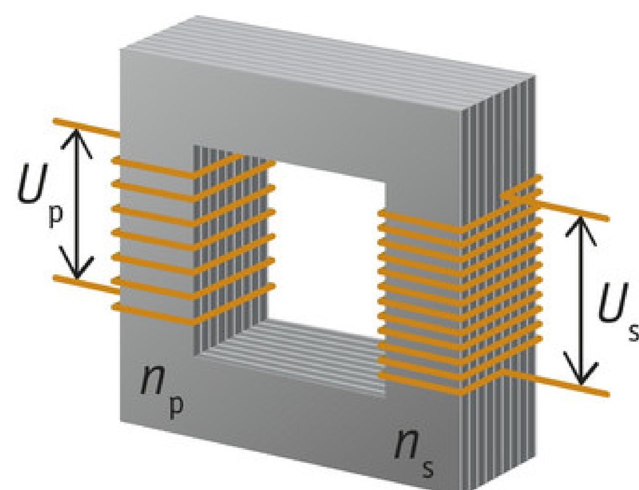
Een transformator maakt gebruik van een veranderend magneetveld, net als een dynamo:
- Als je de primaire spoel aansluit op een wisselspanning, loopt er een wisselstroom door de koperdraad. Daardoor wordt de primaire spoel een elektromagneet. Doordat de stroom steeds van grootte en richting verandert, doet het opgewekte magneetveld dat ook.
- De weekijzeren kern wordt op deze manier gemagnetiseerd. De magnetisering verandert mee met het magneetveld van de primaire spoel.
- Het gevolg is dat er ook in de secundaire spoel een veranderend magneetveld aanwezig is. Daardoor ontstaat er een wisselspanning tussen de uiteinden van de secundaire spoel.

De elektrische energie die de primaire spoel opneemt, geeft de secundaire spoel weer af. Toch loopt er geen stroom van de primaire naar de secundaire spoel. De energie wordt vervoerd door het magneetveld; daar komt geen elektriciteit aan te pas. Je zegt daarom dat de spoelen magnetisch aan elkaar zijn gekoppeld.

OMHOOG OF OMLAAG TRANSFORMEREN

Of de spanning hoger of lager wordt, hangt af van het aantal windingen van de spoelen (afbeelding 6):
- Als de secundaire spoel meer windingen heeft dan de primaire spoel, is U_s groter dan U_p. De spanning wordt dan omhoog getransformeerd.
- Als de secundaire spoel minder windingen heeft dan de primaire spoel, is U_s kleiner dan U_p. De spanning wordt dan omlaag getransformeerd.

afbeelding 6 De spanning hangt af van het aantal windingen.



De primaire spoel heeft 7 windingen ($n_p = 7$), de secundaire spoel heeft er 12 ($n_s = 12$). De secundaire spanning U_s is daardoor hoger dan de primaire spanning U_p.

Het verband tussen het aantal windingen en de primaire en secundaire spanning kun je schrijven als:

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{U_p}{U_s}$$

In deze formule is:
- n_p het aantal windingen van de primaire spoel;
- n_s het aantal windingen van de secundaire spoel;
- U_p de primaire spanning in volt (V);
- U_s de secundaire spanning in volt (V).

VOORBEELDOPDRACHT 2

De transformator van een deurbel heeft een primaire spoel met 800 windingen en een secundaire spoel met 32 windingen. De primaire spoel is aangesloten op het lichtnet (230 V).
Bereken de secundaire spanning.

gegevens	primaire spoel	secundaire spoel
	$n_p = 800$	$n_s = 32$
	$U_p = 230$ V	$U_s = ?$ V

gevraagd $U_s = ?$ V

uitwerking

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{U_p}{U_s}$$

$$\frac{800}{32} = \frac{230}{U_s}$$

$$800 \times U_s = 230 \times 32$$

$$U_s = \frac{230 \times 32}{800} = \frac{7360}{800} = 9{,}2 \text{ V}$$

HET RENDEMENT VAN EEN TRANSFORMATOR

Transformatoren hebben een hoog rendement. Van de opgenomen elektrische energie wordt maar een klein deel omgezet in warmte. De secundaire spoel geeft bijna evenveel elektrische energie af als de primaire spoel opneemt. Grote transformatoren hebben een rendement dat boven 99% ligt.

Bij het maken van berekeningen wordt vaak aangenomen dat een transformator een rendement heeft van 100%. Voor zo'n **ideale transformator** geldt:

door de primaire spoel opgenomen elektrisch vermogen = door de secundaire spoel afgegeven elektrisch vermogen

In formulevorm:

$$P_p = P_s$$

of:

$$U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$$

In deze formule is:
- U_p de primaire spanning in volt (V);
- I_p de primaire stroomsterkte in ampère (A);
- U_s de secundaire spanning in volt (V);
- I_s de secundaire stroomsterkte in ampère (A).

Uit deze formule volgt dat de stroomsterkte daalt als de spanning omhooggaat, en omgekeerd. Is U_s bijvoorbeeld vijf keer zo groot als U_p, dan is I_s vijf keer zo klein als I_p.

VOORBEELDOPDRACHT 3

Een pizzabezorger drukt op de deurbel van een bezorgadres (afbeelding 7). Door de bel loopt dan een stroom van 1,5 A bij een spanning van 9,2 V. De spanning van 9,2 V wordt geleverd door een transformator die aan de primaire kant is aangesloten op het lichtnet (230 V).
Bereken de stroomsterkte door de primaire spoel. Ga ervan uit dat de transformator ideaal is.

gegevens	primaire spoel	secundaire spoel
	$U_p = 230$ V	$U_s = 9{,}2$ V
	$I_p = ?$ A	$I_s = 1{,}5$ A

gevraagd $I_p = ?$ A

uitwerking

$$P_p = P_s$$
$$U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$$
$$230 \times I_p = 9{,}2 \times 1{,}5$$
$$I_p = \frac{9{,}2 \times 1{,}5}{230} = \frac{13{,}8}{230} = 0{,}060 \text{ A}$$



afbeelding 7 Als je aanbelt, wordt de stroomkring door de deurbel gesloten.

 Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Een transformator bestaat uit twee .... die om een .... kern zijn bevestigd.

b De spanning waarop je de primaire spoel aansluit, noem je de .... spanning of ....

c De spanning die de secundaire spoel levert, noem je de .... spanning of ....

d Een transformator kan een spanning .... transformeren (dan is $U_s > U_p$) of .... transformeren (dan is $U_s < U_p$).

e Of de spanning hoger of lager wordt, hangt af van het aantal .... van de beide spoelen.

2 Elektrische energie wordt vervoerd bij een zo hoog mogelijke spanning.

a Waarom wordt de spanning zo hoog mogelijk gemaakt?

....

....

....

b Wat is de maximale spanning die op het hoogspanningsnet gebruikt wordt (in kV)?

....

c Waar wordt de spanning omlaag getransformeerd naar 230 V?

....

d Hoe noem je de spanning van 230 V die je thuis gebruikt?

....

e De spanning die je thuis gebruikt, heeft een frequentie van 50 Hz.
Wat wordt daarmee bedoeld?

....

....

....

3 Voor een ideale transformator geldt: $P_p = P_s$
Beschrijf in eigen woorden wat hiermee wordt bedoeld.

....

....

....

....

TOEPASSING

4 Tina doet twee proeven met de opstelling van afbeelding 8. Bij de eerste proef sluit ze spoel A aan op een gelijkspanning van 6 V.

a Wordt er in spoel B een wisselspanning opgewekt? Waarom wel of niet?

....

....

....

....

....

b Bij de tweede proef sluit Tina spoel A aan op een wisselspanning van 6 V.
Wordt er in spoel B een wisselspanning opgewekt? Waarom wel of niet?

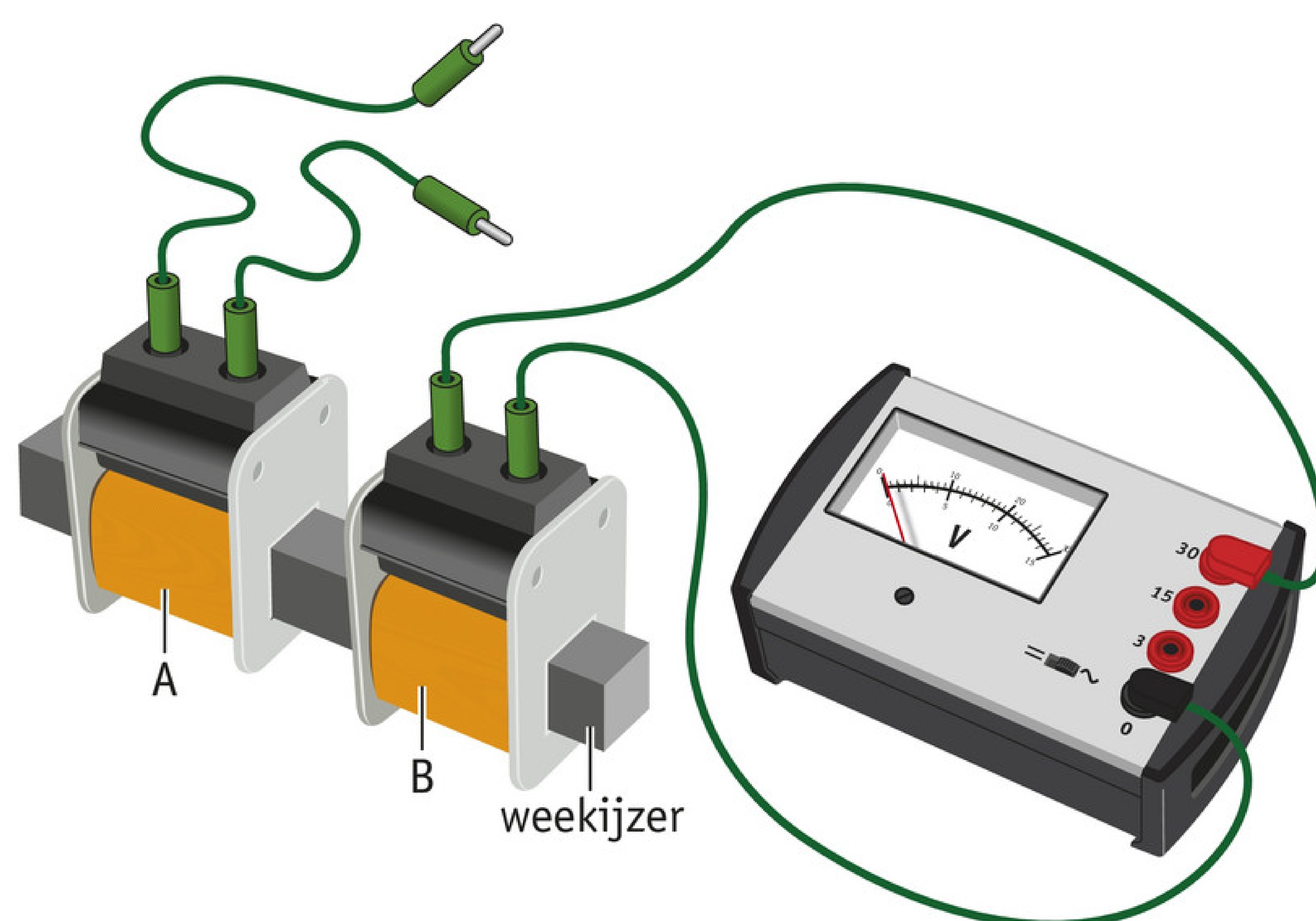
....

....

....

....

....



afbeelding 8 De opstelling van Tina.

5 Tijdens een practicum heeft Anja drie spoelen tot haar beschikking:

- spoel A heeft 100 windingen;
- spoel B heeft 200 windingen;
- spoel C heeft 400 windingen.

Anja kan een eenvoudige transformator maken door twee van de spoelen rond een weekijzeren kern te plaatsen.
Welke combinatie van spoelen kan ze gebruiken om een wisselspanning van 6 V:

a omhoog te transformeren tot 12 V (twee mogelijkheden)?

....

....

....

b omhoog te transformeren tot 24 V (één mogelijkheid)?

....

....

c omlaag te transformeren tot 3 V (twee mogelijkheden)?

....

....

....

d omlaag te transformeren tot 1,5 V (één mogelijkheid)?

....

....

6 Een fabriek produceert drie types transformatoren: type A, type B en type C.
Transformator A transformeert de netspanning naar 12 V. De primaire spoel heeft 920 windingen.

a Bereken het aantal windingen van de secundaire spoel.

...

b Transformator B heeft een primaire spoel met 1380 windingen en een secundaire spoel met 54 windingen. De primaire spoel wordt aangesloten op de netspanning.
Bereken de secundaire spanning.

...

c Transformator C transformeert de netspanning naar 6 V. De secundaire spoel heeft 30 windingen.
Bereken het aantal windingen van de primaire spoel.

....

....

....

....

....

....

....

....

★ 7

In de fabriek uit opdracht 6 wordt een test gedaan met transformator B. Maar bij het opbouwen van de opstelling gaat iets fout. Een technicus sluit de spoel met 54 windingen aan op 230 V en verbindt de spoel met 1380 windingen met de proefopstelling.

a Bereken de spanning die over de proefopstelling komt te staan.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

b Als je transformator B juist aansluit, verlaagt hij de spanning van 230 V naar 9 V. Reken uit hoeveel keer hij de spanning dan kleiner maakt.

....

....

c Hoeveel keer maakt transformator B de spanning groter, als je hem verkeerd om aansluit?

....

....

8 Bij berekeningen wordt vaak aangenomen dat een transformator een rendement heeft van 100%. Leo onderzoekt hoe dat zit met transformatoren bij hem op school. Hij gebruikt de opstelling van afbeelding 9.
Bij één van zijn proeven noteert Leo de volgende gegevens:

- stroommeter 1: 0,25 A
- stroommeter 2: 0,42 A
- spanningsmeter 1: 12,0 V
- spanningsmeter 2: 6,0 V

a Bereken het vermogen dat de primaire spoel opneemt.

....

....

....

....

....

b Bereken het vermogen dat de secundaire spoel afgeeft.

....

....

....

....

....

c Bereken het rendement van de transformator van Leo.

....

....

....

....

....

d Hoeveel procent van het opgenomen vermogen gaat verloren?

....

....

....

....

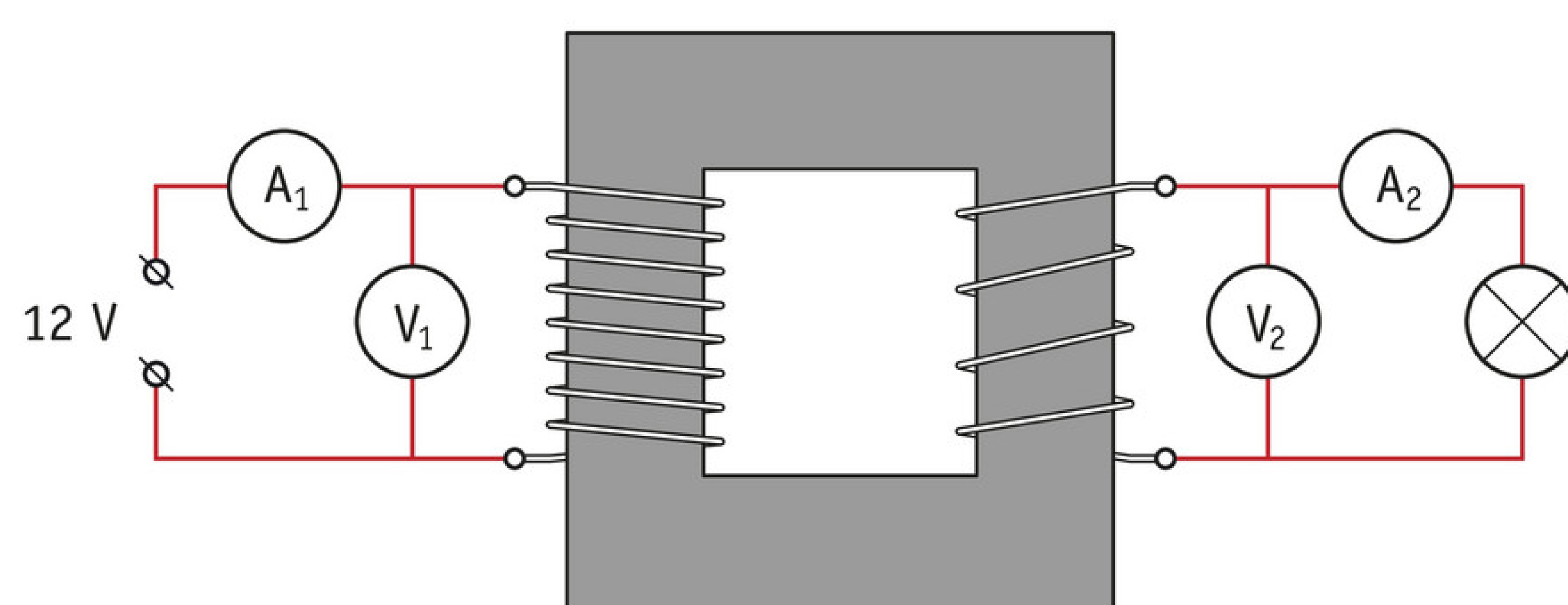
e Is de transformator van Leo een ‘ideale transformator’?

....

....

....

....



afbeelding 9 Leo’s proefopstelling.

9  Zie de vaardigheid *Werken met formules*.
Hamids laptop heeft een oplader die een gelijkspanning van 19 V levert. Het opladen van de laptop gebeurt met een rendement van 85%. Tijdens het opladen neemt de adapter een elektrisch vermogen van 60 W op.

a Hoe groot is het elektrisch vermogen dat Hamids adapter afgeeft?

....

....

....

....

....

....

....

b In welke soort energie is de 'verdwenen' elektrische energie omgezet?

....

....

c Uit welk gegeven kun je opmaken dat de oplader ook een gelijkrichter bevat?

....

....

....

....

d Waarom maakt de oplader deel uit van het snoer en is hij niet in de laptop ingebouwd?

....

....

....

....

10 De lasser in afbeelding 10 heeft zijn lasapparaat aangesloten op een stopcontact. Een transformator in het lasapparaat brengt de spanning omlaag naar 48 V. Tijdens het lassen loopt er een stroom van 14 A door de primaire spoel.
Bereken hoe groot de secundaire stroom op zijn hoogst kan worden.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....



afbeelding 10 Lassen met een lasapparaat op de voorgrond.

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Serie- en parallelschakeling

LEERDOELEN

12.3.1 Je kunt herkennen of schakelonderdelen in serie of parallel zijn geschakeld.
12.3.2 Je kunt uitleggen waarom elektrische apparaten parallel worden geschakeld.
12.3.3 Je kunt de regels toepassen voor de spanning en stroomsterkte in een serieschakeling.
12.3.4 Je kunt de regels toepassen voor de spanning en stroomsterkte in een parallelschakeling.
12.3.5 Je kunt de vervangingsweerstand berekenen van een serie- en van een parallelschakeling.
12.3.6 Je kunt de formules voor vermogen en energie toepassen in serie- en parallelschakelingen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	12.3.1	12.3.2	12.3.3	12.3.4	12.3.5	12.3.6	9.1.4*
Onthouden		1a	2abc	3abc			
Begrijpen				1b	1c		
Toepassen	4ab		5abce, 7e, 8a	7abc, 8d	5d, 6abc, 7d, 10b	10d	8bc
Analyseren			9cd	10c, 9ab		10a	

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Op de elektrische installatie van een auto is een groot aantal lampen aangesloten: koplampen, remlichten, achterlichten, knipperlichten, stadslichten, achteruitrijlichten, enzovoort. Zijn die lampen in serie of parallel geschakeld? En hoe weet je dat?

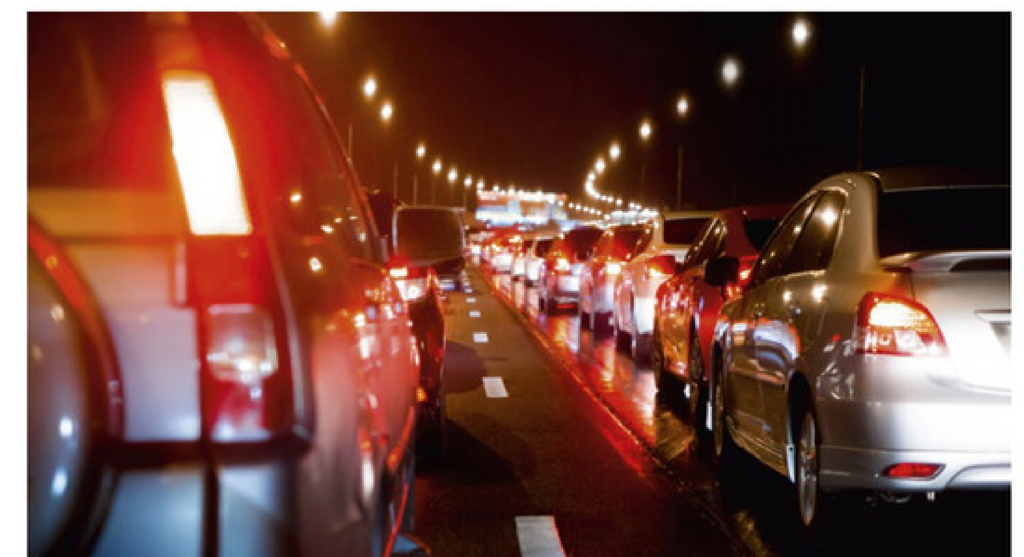
TWEE SOORTEN SCHAKELINGEN

Elektrische onderdelen kun je in serie of parallel schakelen. Bij een **serieschakeling** heb je maar één stroomkring. De stroom gaat achtereenvolgens door elk onderdeel heen. Als je op één plaats de stroom onderbreekt, valt de stroom in de hele stroomkring uit.

Bij een **parallelschakeling** heb je voor elk onderdeel een aparte stroomkring. De stroom door onderdeel 1 gaat niet door onderdeel 2, enzovoort. Als je de stroom bij onderdeel 1 onderbreekt, blijven de andere onderdelen gewoon werken.

Elektrische apparaten worden altijd parallel aan elkaar geschakeld. Dat heeft twee voordelen:

- In een parallelschakeling is elk onderdeel (lamp, apparaat, weerstand) op dezelfde spanning aangesloten. De elektrische apparaten in huis werken allemaal op 230 V. De elektrische onderdelen van een auto werken allemaal op 12 V.
- In een parallelschakeling kun je elk onderdeel apart aan- en uitzetten. Denk bijvoorbeeld aan de lampen, de ruitenwissers, de ventilator, de airconditioning en de achterruitverwarming van een auto. Je kunt elk onderdeel apart bedienen met een eigen schakelaar (afbeelding 1).



afbeelding 1 De achterlichten en remlichten van een auto worden apart van elkaar bediend.

Serieschakelingen worden ook veel praktisch toegepast. Schakelaars staan bijvoorbeeld in serie met het onderdeel dat ze bedienen. Zet je de schakelaar in de UIT-stand, dan loopt er ook geen stroom meer door het bijbehorende onderdeel. Elektronicaweerstanden worden vaak in serie geschakeld om aan de gewenste weerstandswaarde te komen.

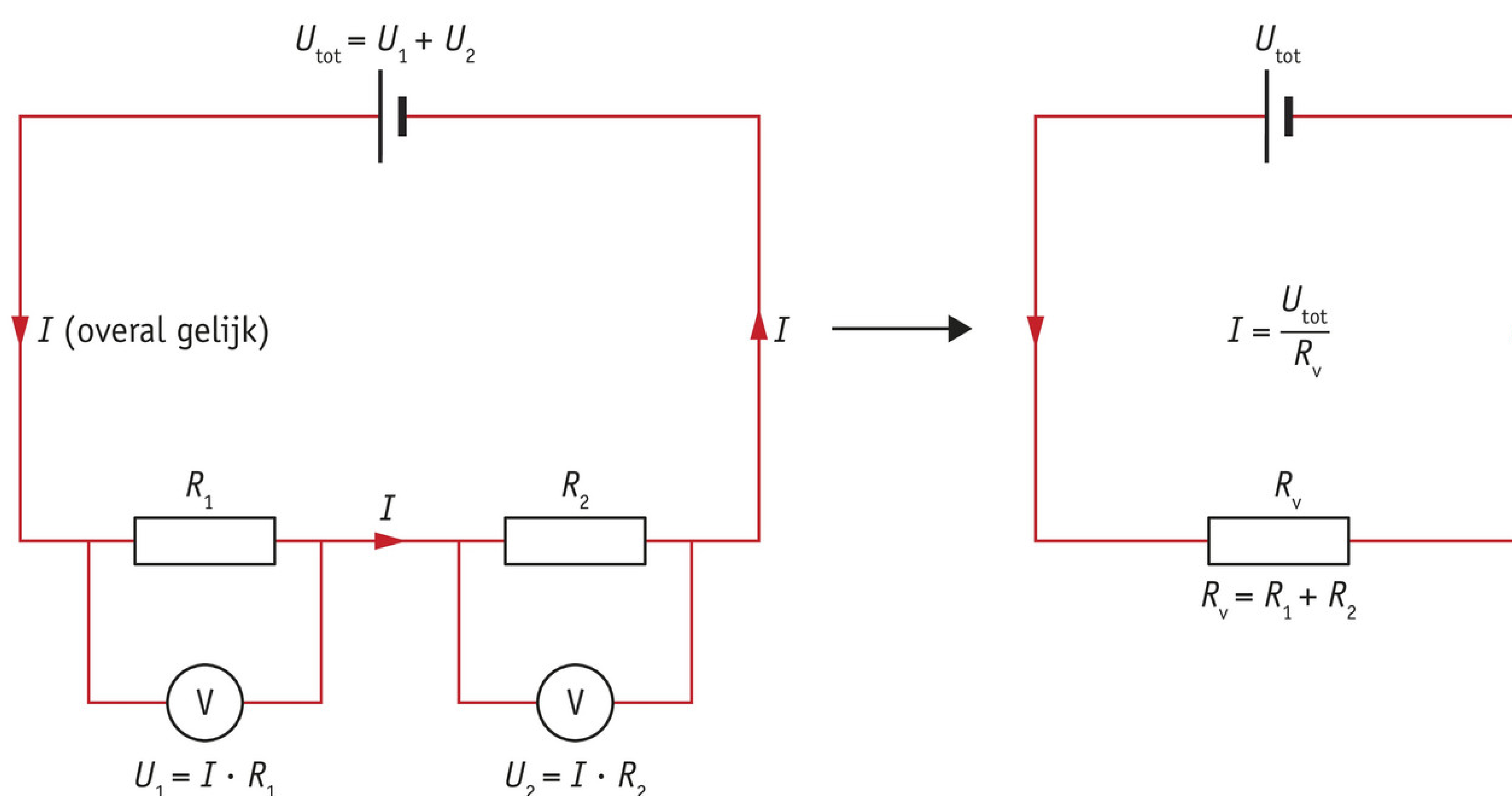
DE REGELS VOOR EEN SERIESCHAKELING

PROEF 3

Een serieschakeling en een parallelschakeling hebben verschillende eigenschappen. Daardoor is de manier waarop je rekent met spanning, stroomsterkte en weerstand ook verschillend. Dit zijn de regels voor een serieschakeling:

- De stroomsterkte in een serieschakeling is overal even groot. Er zijn geen vertakkingen waarover de stroom zich moet verdelen. Daarom gebruik je voor de stroomsterkte in een serieschakeling altijd de letter I zonder toevoegingen.
- De spanning verdeelt zich in een serieschakeling over de verschillende schakelonderdelen. Dat merk je als je twee lampjes in serie schakelt en aansluit op een batterij van 9 V.
  - Als de twee lampjes dezelfde weerstand hebben, brandt elk lampje op 4,5 V. Dat is de helft van de bronspanning.
  - Als de twee lampjes een verschillende weerstand hebben, wordt de bronspanning U_{tot} niet precies in tweeën verdeeld. Over lampje 1 staat dan een spanning $U_1 = I \cdot R_1$ en over lampje 2 een spanning $U_2 = I \cdot R_2$. Bij elkaar opgeteld zijn U_1 en U_2 gelijk aan de bronspanning: $U_{tot} = U_1 + U_2$ (afbeelding 2).
- Je berekent de totale weerstand (ook wel de vervangingsweerstand genoemd) door de afzonderlijke weerstanden bij elkaar op te tellen: $R_v = R_1 + R_2$. Om de stroomsterkte door een serieschakeling te vinden, bepaal je eerst de vervangingsweerstand. Daarna kun je de stroomsterkte berekenen met:

$$I = \frac{U_{tot}}{R_v}$$



afbeelding 2 Stroomsterkte I, spanning U en weerstand R in een serieschakeling.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Twee weerstanden, de een van 5 Ω, de ander van 10 Ω, zijn in serie geschakeld. De bronspanning is 12 V.
Bereken hoe groot de spanning is:

- over weerstand 1;
- over weerstand 2.

gegevens $R_1 = 5\ \Omega$
$R_2 = 10\ \Omega$
$U_{tot} = 12$ V

gevraagd $U_1 = ?$ V
$U_2 = ?$ V

uitwerking $R_v = R_1 + R_2 = 5 + 10 = 15\ \Omega$

$$I = \frac{U_{tot}}{R_v} = \frac{12}{15} = 0{,}8 \text{ A}$$

$U_1 = I \cdot R_1 = 0{,}8 \times 5 = 4$ V
$U_2 = I \cdot R_2 = 0{,}8 \times 10 = 8$ V

controle $U_{tot} = U_1 + U_2 = 4 + 8 = 12$ V (en dat is juist)

DE REGELS VOOR EEN PARALLELSCHAKELING

PROEF 4

Bij een parallelschakeling verdeelt de stroom zich over verschillende stroomkringen. Dat zie je terug in de regels voor dit soort schakelingen:

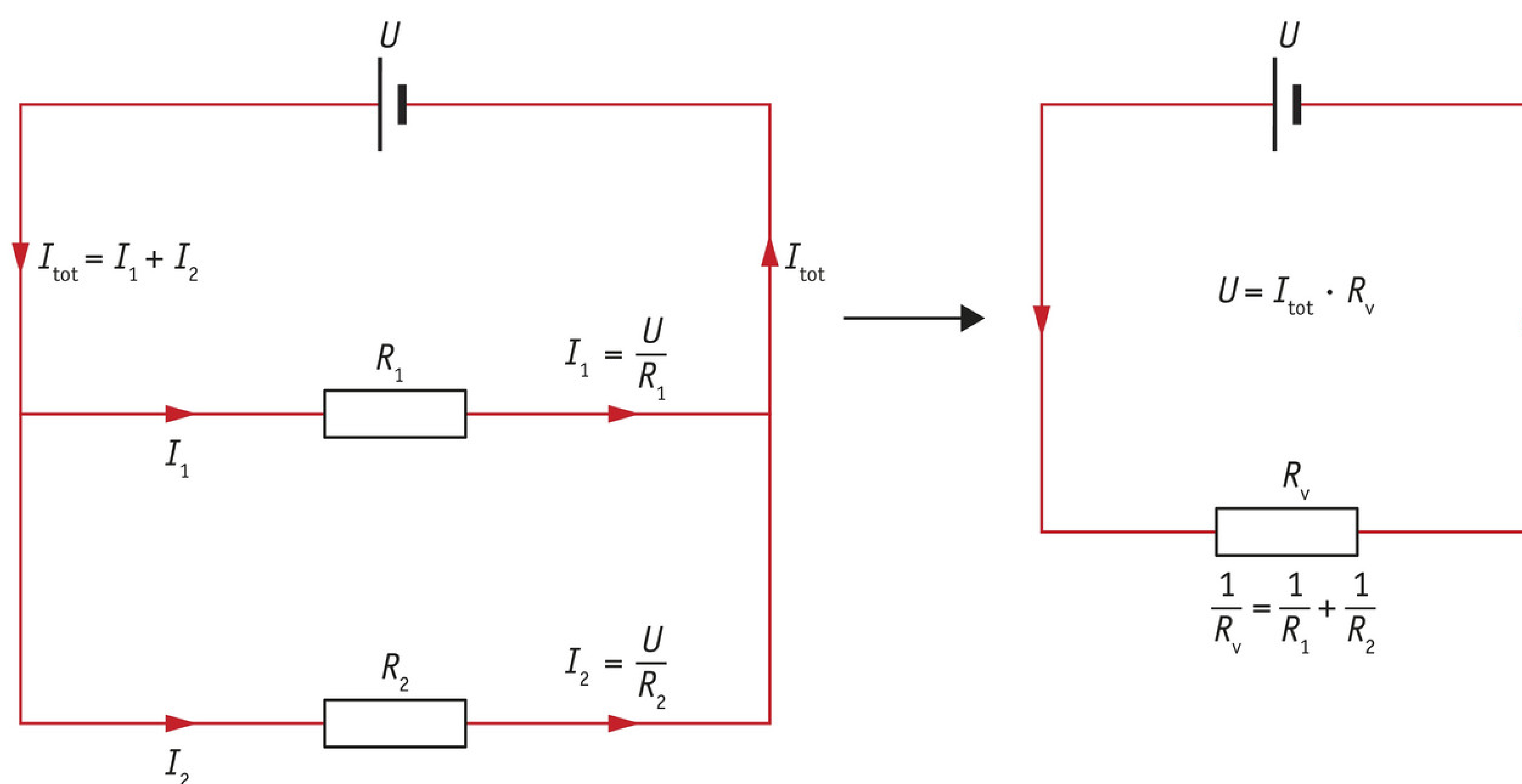
- In een parallelschakeling zijn alle onderdelen rechtstreeks aangesloten op dezelfde bronspanning. Daarom gebruik je voor de spanning in een parallelschakeling altijd de letter U zonder toevoegingen (afbeelding 3).
- De stroom verdeelt zich in een parallelschakeling over de verschillende vertakkingen. Als je twee weerstanden parallel schakelt, kun je de stroomsterkte door weerstand 1 berekenen met: $I_1 = \frac{U}{R_1}$ en de stroomsterkte door weerstand 2 met: $I_2 = \frac{U}{R_2}$
  Daarna kun je de totale stroomsterkte I_{tot} berekenen met:
  $I_{tot} = I_1 + I_2 + \ldots$
- Ook bij een parallelschakeling kan het nuttig zijn om te berekenen wat de weerstandswaarde is van twee (of meer) weerstanden samen. Je kunt deze vervangingsweerstand berekenen met de formule:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots$$

In deze formule is:

- R_v de vervangingsweerstand in ohm (Ω);
- R_1 de waarde van weerstand 1 in ohm (Ω);
- R_2 de waarde van weerstand 2 in ohm (Ω);
  enzovoort.

Let erop dat bij elke parallelschakeling R_v kleiner is dan R_1 en ook kleiner dan R_2, enzovoort.



afbeelding 3 Stroomsterkte I, spanning U en weerstand R in een parallelschakeling.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Twee autolampen worden aangesloten op een voedingskastje. De lampen zijn parallel geschakeld. Lampje 1 heeft een weerstand van 30 Ω, lampje 2 een weerstand van 10 Ω. De spanning wordt ingesteld op 12 V (afbeelding 4).
Bereken de totale stroomsterkte in deze schakeling.

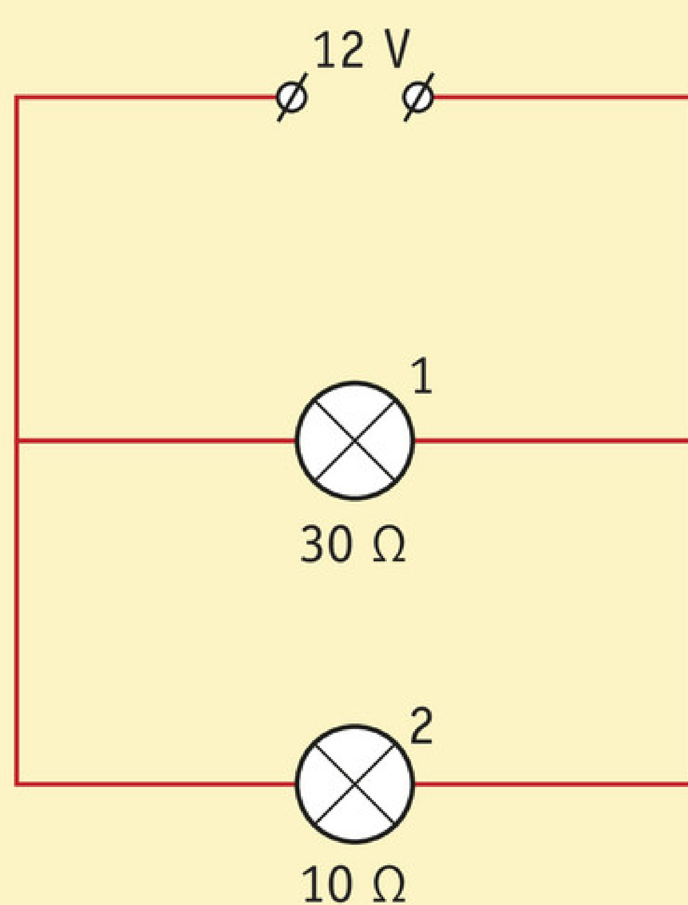
gegevens $R_1 = 30\ \Omega$
$R_2 = 10\ \Omega$
$U = 12\ \text{V}$

gevraagd $I_{tot} = ?\ \text{A}$

uitwerking $I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{12}{30} = 0{,}4\ \text{A}$

$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{12}{10} = 1{,}2\ \text{A}$

$I_{tot} = I_1 + I_2 = 0{,}4 + 1{,}2 = 1{,}6\ \text{A}$



afbeelding 4 Een parallelschakeling van twee autolampen.

VOORBEELDOPDRACHT 3

Bereken de vervangingsweerstand van de twee lampen in afbeelding 4.

gegevens R_1 = 30 Ω
R_2 = 10 Ω
U = 12 V

gevraagd R_v = ? Ω

uitwerking $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{30} + \frac{1}{10} = 0{,}013$

$R_v = \frac{1}{0{,}013} = 7{,}5\ \Omega$

controle $I = \frac{U_{tot}}{R_v} = \frac{12}{7{,}5} = 1{,}6$ A (en dat is juist)

R_v is kleiner dan R_1 en ook kleiner dan R_2, dus ook dat is juist.

FORMULES COMBINEREN

Vaak gebruik je formules voor elektrische energie, zoals $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t$ in combinatie met formules voor serie- en parallelschakelingen. Kijk eerst goed over welk onderdeel van de schakeling een opdracht gaat, en zoek daarna de bijbehorende gegevens op.

VOORBEELDOPDRACHT 4

In voorbeeldopdracht 2 heb je de stroomsterktes door twee autolampen berekend. Gebruik de uitkomsten om het elektrisch vermogen van elke lamp te berekenen.

gegevens U = 12 V
I_1 = 0,4 A
I_2 = 1,2 A

gevraagd P_1 = ? W
P_2 = ? W

uitwerking $P_1 = U \cdot I_1 = 12 \times 0{,}4 = 4{,}8$ W
$P_2 = U \cdot I_2 = 12 \times 1{,}2 = 14{,}4$ W


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Elektrische apparaten worden altijd parallel aan elkaar geschakeld.

a Noteer twee redenen om voor een parallelschakeling te kiezen.

....

....

....

b Wat wordt bedoeld met 'de totale stroomsterkte' in een parallelschakeling?

....

....

c Drie weerstandjes worden parallel geschakeld.
Met welke formule kun je hun vervangingsweerstand berekenen?

....

2 Twee weerstanden R_1 en R_2 worden in serie geschakeld.
Met welke formule kun je:

a de spanning berekenen over R_1? ....

b de spanning berekenen over R_2? ....

c de totale spanning berekenen? ....

3 Twee weerstanden R_1 en R_2 worden parallel geschakeld.
Met welke formule kun je:

a de stroomsterkte door R_1 berekenen? ....

b de stroomsterkte door R_2 berekenen? ....

c de totale stroomsterkte berekenen? ....

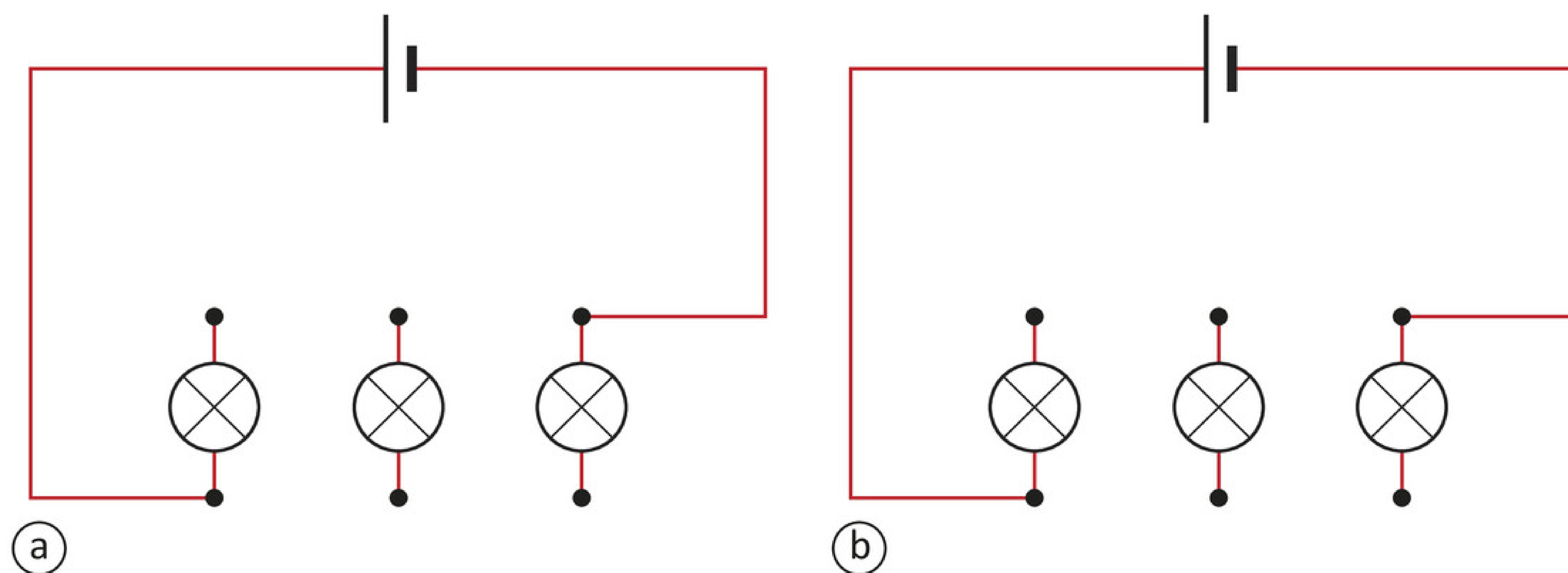
TOEPASSING

4  In afbeelding 5a en 5b zie je een schakelschema met drie gelijke lampjes, een spanningsbron en een aantal verbindingsdraden.

a Teken in afbeelding 5a de ontbrekende draden, zodat er een serieschakeling ontstaat van de drie lampjes.

b Teken in afbeelding 5b de ontbrekende draden, zodat er een parallelschakeling ontstaat van de drie lampjes.

afbeelding 5 Drie lampjes in serie (a), drie lampjes parallel (b).



5 Lars maakt de schakeling die in afbeelding 6 is getekend. Als hij de bronspanning instelt op 12 V, geeft de stroommeter een stroomsterkte van 1,5 A aan.

a Bereken de spanning over R_1.

....

....

....

....

....

b Bereken de spanning over R_2.

....

....

....

....

....

....

....

c Bereken de weerstandswaarde van R_2.

....

....

....

....

....

d Bereken de vervangingsweerstand van R_1 en R_2.

....

....

....

....

....

e Controleer je antwoord op opdracht a tot en met d met de formule: $R_v = \frac{U_{tot}}{I}$

....

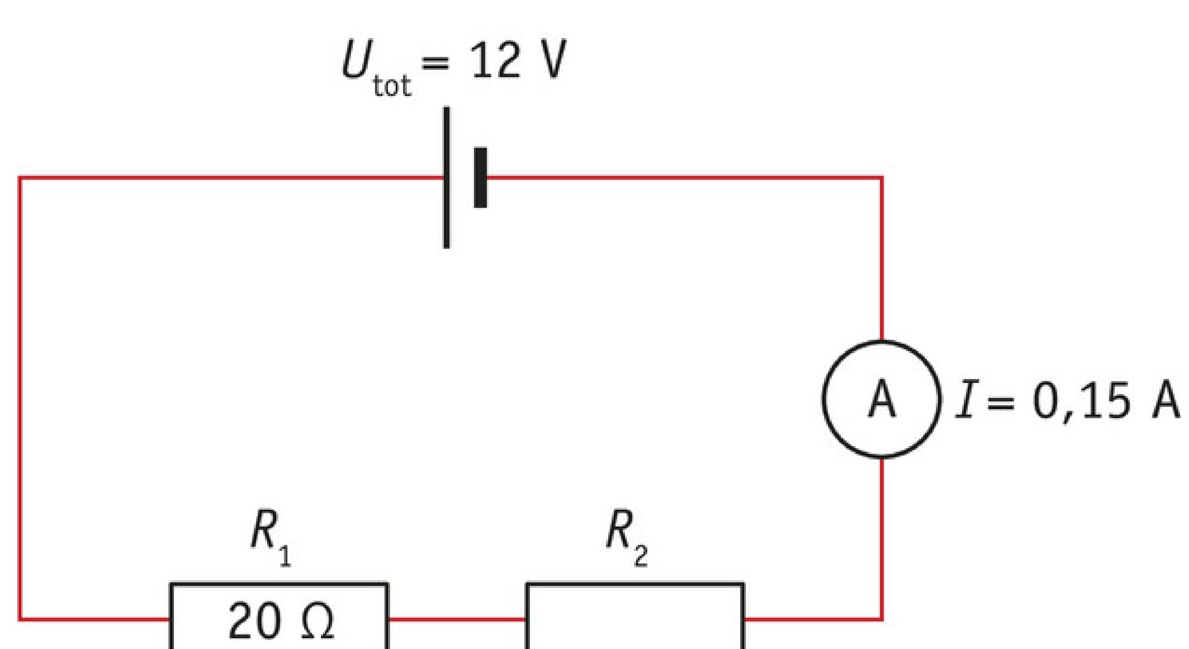
....

....

....

....

....



afbeelding 6 De schakeling van Lars.

6 Bereken de vervangingsweerstand van de parallelschakeling:

a in afbeelding 7a.

....

....

....

....

....

....

....

b in afbeelding 7b.

....

....

....

....

....

....

....

c in afbeelding 7c.

....

....

....

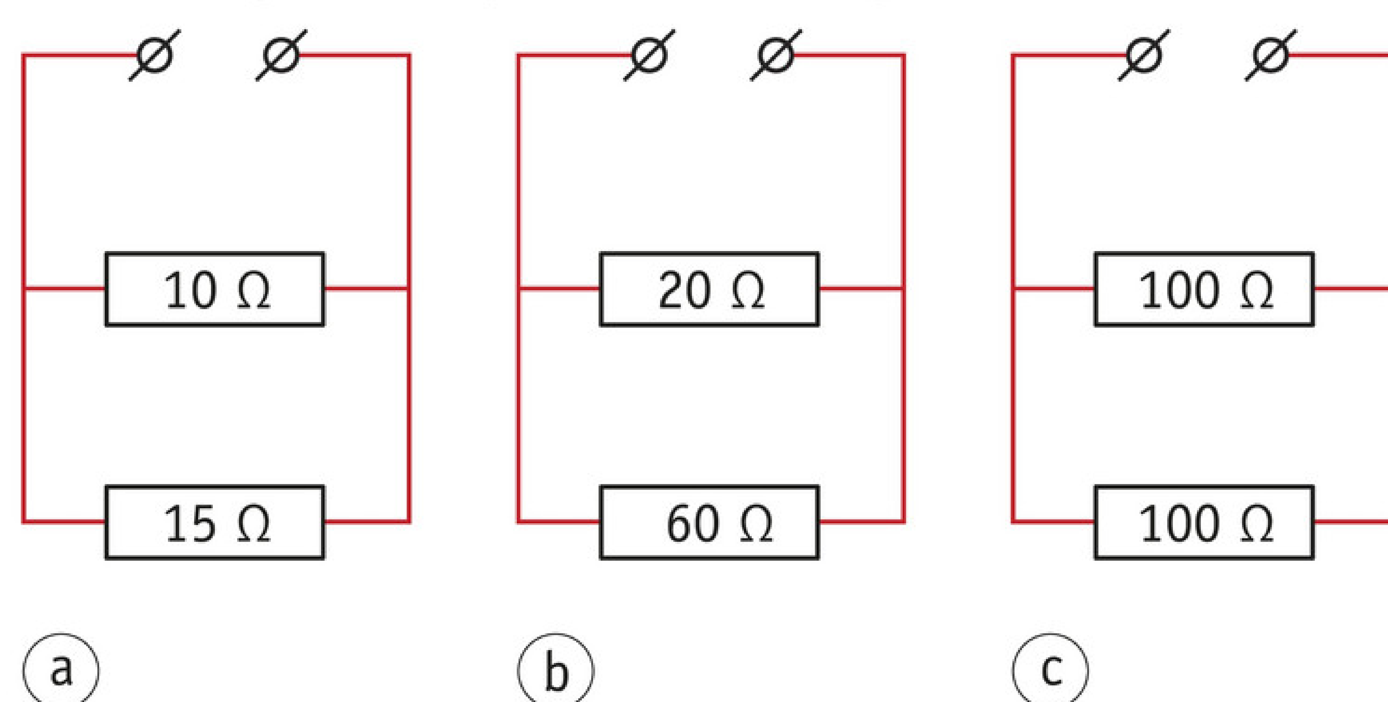
....

....

....

....

afbeelding 7 Drie parallelschakelingen.



7 Yvonne maakt de parallelschakeling die in afbeelding 8 is getekend. Ze stelt de bronspanning in op 12 V.

a Bereken de stroomsterkte door weerstand R_1.

....

....

....

....

....

b Bereken de stroomsterkte door weerstand R_2.

....

....

....

....

....

c Bereken de totale stroomsterkte door de schakeling.

....

....

....

....

....

d Bereken de vervangingsweerstand van de twee weerstanden.

....

....

....

....

....

....

....

e Controleer je antwoorden op opdracht a tot en met d met de formule: $I_{tot} = \frac{U}{R_v}$

....

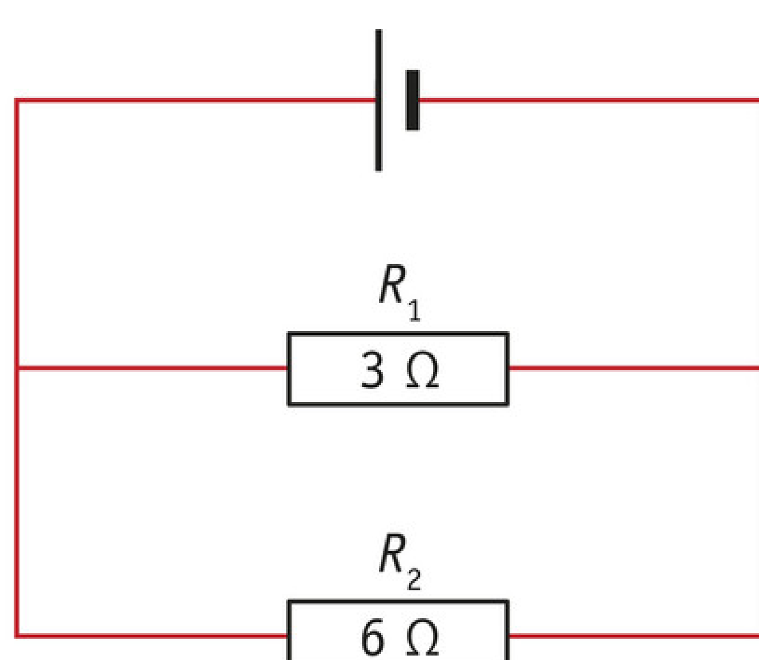
....

....

....

....

....



afbeelding 8 De schakeling van Yvonne.

★ 8

In een kookplaat van een elektrisch fornuis bevinden zich twee verwarmingselementen R_1 en R_2. Verwarmingselement R_1 heeft een weerstand van 65 Ω, verwarmingselement R_2 heeft een weerstand van 35 Ω. De kookplaat is aangesloten op het lichtnet (230 V).
De kookplaat heeft vier standen. Bij stand 1 zijn R_1 en R_2 in serie geschakeld. Bij stand 2 is alleen R_1 ingeschakeld en bij stand 3 alleen R_2. Bij stand 4 zijn R_1 en R_2 parallel geschakeld.
Bereken in de volgende gevallen de totale stroomsterkte door de kookplaat.

a R_1 en R_2 zijn in serie geschakeld.

....

....

....

....

....

....

....

b Alleen R_1 is ingeschakeld.

....

....

....

....

....

c Alleen R_2 is ingeschakeld.

....

....

....

....

....

d R_1 en R_2 zijn parallel geschakeld.

....

....

....

....

....

....

....

....

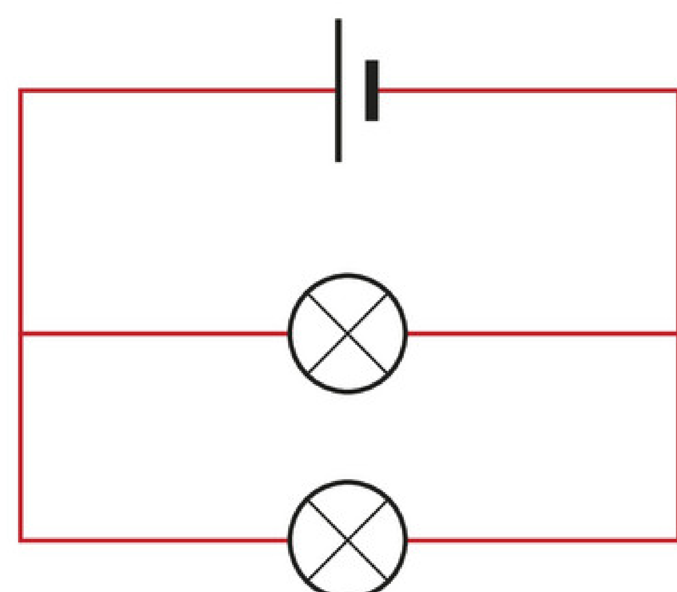
....

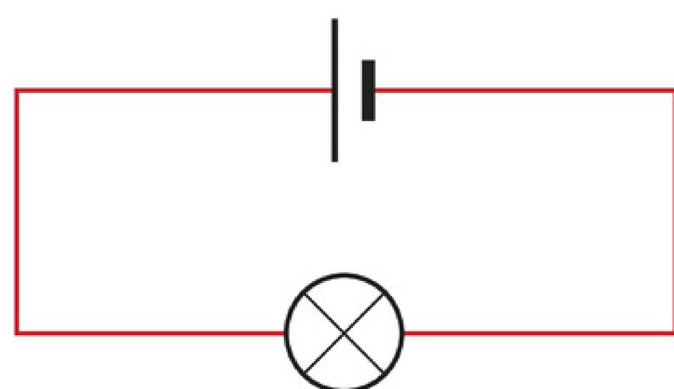
....

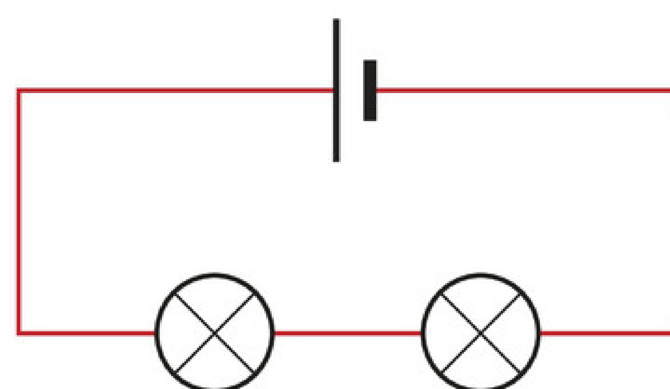
9 In afbeelding 9 zie je vier schakelingen. De lampjes zijn aan elkaar gelijk. De spanningsbron is steeds een batterij van 6 V.

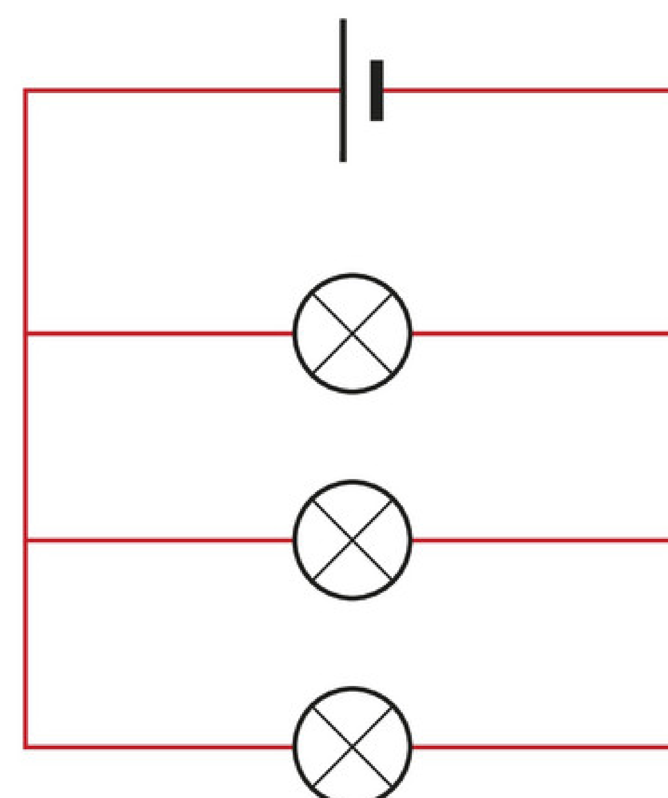
a In schakeling *a* / *b* / *c* / *d* is de (vervangings)weerstand het kleinst.
b In schakeling *a* / *b* / *c* / *d* is de (totale) stroomsterkte het grootst.
c In schakeling *a* / *b* / *c* / *d* is de (vervangings)weerstand het grootst.
d In schakeling *a* / *b* / *c* / *d* is de (totale) stroomsterkte het kleinst.

afbeelding 9 Vier schakelingen.









10 In de winter kun je een elektrische kachel op netspanning als bijverwarming gebruiken (afbeelding 10a). De kachel heeft twee verwarmingsdraden (R_1 en R_2). In afbeelding 10b zie je het vereenvoudigde schakelschema van deze verwarming. De verwarmingsdraad R_1 wordt ingeschakeld.

a Bereken het vermogen van deze verwarmingsdraad.

....

....

....

....

....

b Beide verwarmingsdraden worden ingeschakeld.
Bereken de vervangingsweerstand van de twee verwarmingsdraden.

....

....

....

....

....

....

c Hierna staan drie zinnen over de ingeschakelde verwarmingsdraden.
Omcirkel in elke zin de juiste mogelijkheid.

- De spanning over de verwarmingsdraad R_1 is *even groot / 2× zo groot / 2× zo klein* als die over R_2.
- De stroomsterkte door de verwarmingsdraad R_1 is *even groot / 2× zo groot / 2× zo klein* als die door R_2.
- Het vermogen van de verwarmingsdraad R_1 is *even groot / 2× zo groot / 2× zo klein* als dat van R_2.

d De kachel staat op een koude dag 2,5 h aan met beide verwarmingsdraden ingeschakeld.
Bereken hoeveel elektrische energie de kachel in die tijd verbruikt (in kWh).

....

....

....

....

....

....

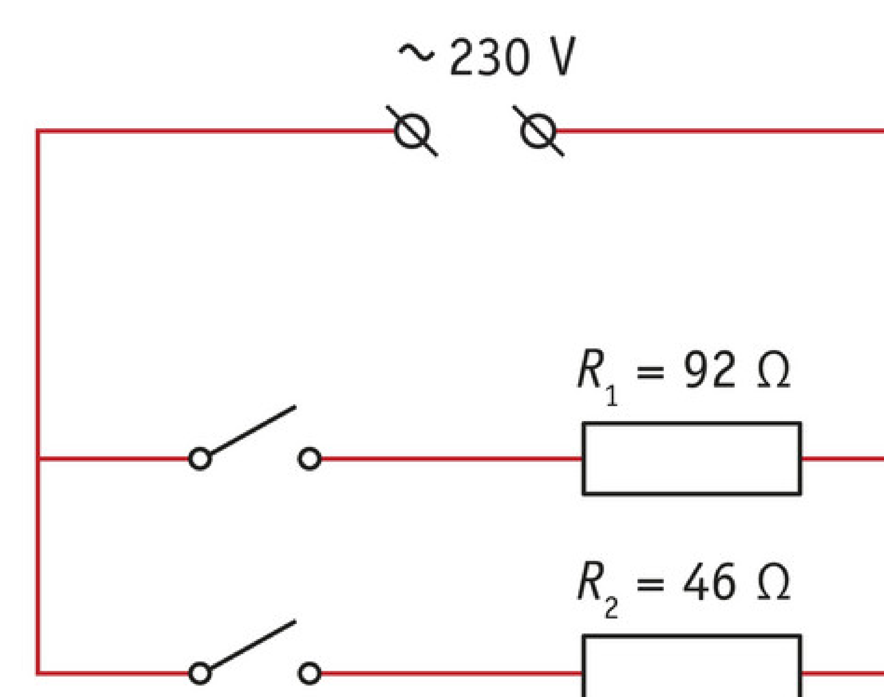
....

naar: examen 2021-I

afbeelding 10 Elektrische bijverwarming.



a



b

Test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Elektriciteit en veiligheid

LEERDOELEN

12.4.1 Je kunt beschrijven hoe de elektrische installatie van een woonhuis in elkaar zit.
12.4.2 Je kunt uitleggen hoe geleiders en isolatoren in een huisinstallatie worden toegepast.
12.4.3 Je kunt beschrijven welke gevaren het gebruik van elektriciteit met zich meebrengt.
12.4.4 Je kunt uitleggen wat er precies aan de hand is bij kortsluiting en bij overbelasting.
12.4.5 Je kunt de functie beschrijven van zekeringen, aardlekschakelaars en aardleidingen.
12.4.6 Je kunt uitleggen hoe dubbele isolatie en transformatoren zorgen voor meer veiligheid.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN									
	12.4.1	12.4.2	12.4.3	12.4.4	12.4.5	12.4.6	12.3.3*	12.3.4*	12.3.5*	12.3.6*
Onthouden	1a	1bc	2a	1de	2bc	2d, 7a				
Begrijpen		3c		9a	5d, 6	7b				
Toepassen		3ab			8abcd		9b			4, 5a
Analyseren								9c	5c	5b

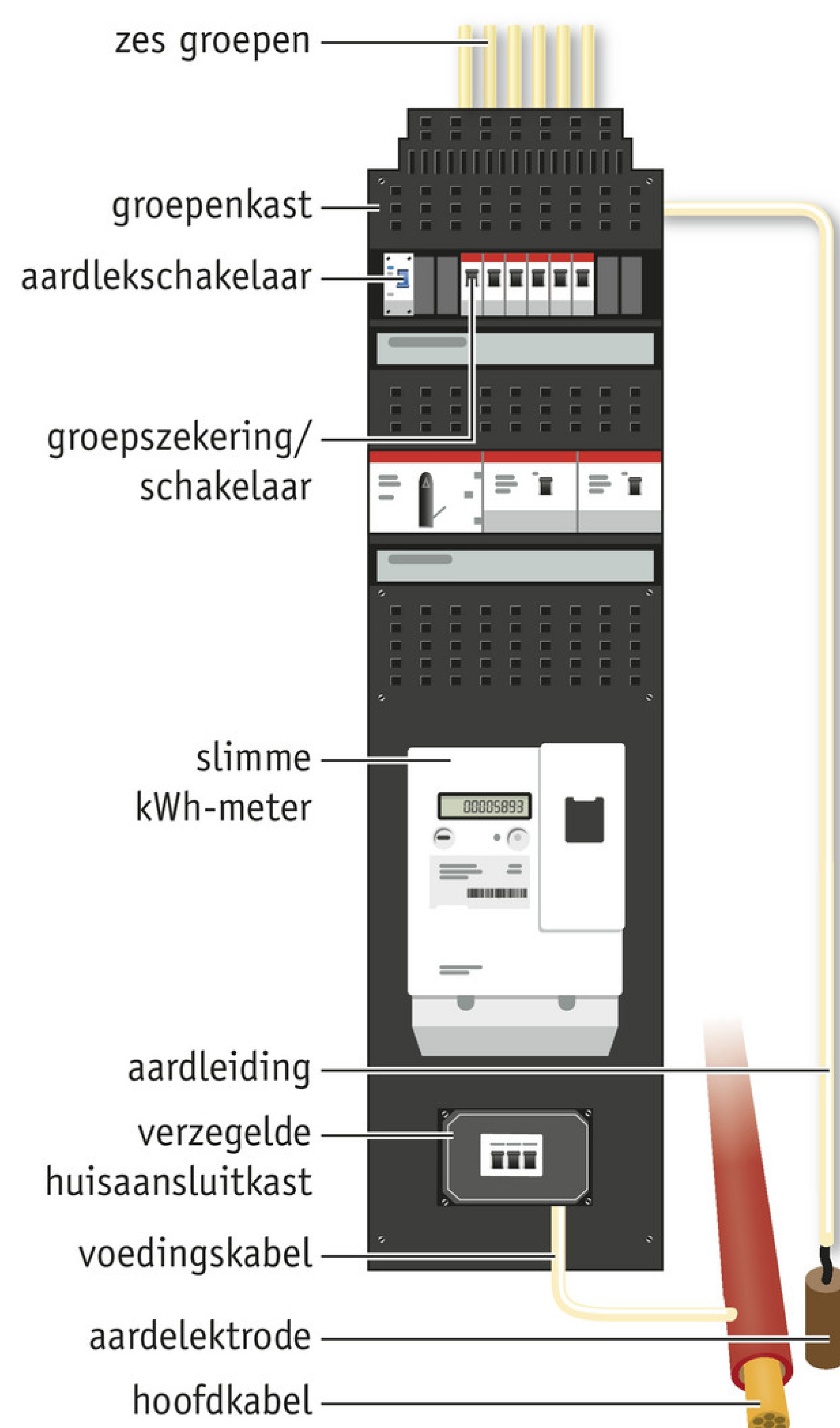
* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Bert stapt van koken op gas over naar elektrisch koken. Hij moet daarvoor wel de huisinstallatie laten uitbreiden. Waarom kan hij de kookplaat en de oven niet op de bestaande groepen aansluiten?

DE METERKAST

Elk woonhuis is door een voedingskabel met het elektriciteitsnet verbonden. De kabel komt het huis binnen door de vloer van de meterkast. In de meterkast zie je (afbeelding 1, van onder naar boven):

- De huisaansluitkast. In dit kastje zit de hoofdzekering van de huisinstallatie.
- De **energiemeter**, ook wel **kWh-meter** (kilowattuurmeter) genoemd. Deze meter houdt bij hoeveel elektrische energie er in het huis wordt verbruikt.
- Eén of meer aardlekschakelaars.
- De groepenkast. In de groepenkast splitst de elektrische leiding zich in verschillende parallelle groepen, elk met een eigen zekering en groepsschakelaar.



afbeelding 1 Dit vind je allemaal in de meterkast.

DE LEIDINGEN

Vanaf de groepenkast lopen er leidingen naar de verschillende lichtpunten en stopcontacten in huis. Hiervoor wordt installatiedraad gebruikt met een kern van massief koper, met daaromheen een isolatielaag van pvc. Vaak worden installatiedraden door buizen getrokken die ook van pvc zijn gemaakt (afbeelding 2).



afbeelding 2 Een installateur is bezig de huisinstallatie uit te breiden.

Koper wordt gebruikt voor installatiedraad, omdat koper een goede **geleider** is van elektriciteit. De stroom loopt er gemakkelijk doorheen. Daardoor wordt koper bij normaal gebruik nauwelijks warm. Alleen als de stroomsterkte veel te groot wordt, kan de temperatuur te hoog oplopen.

Pvc is zoals alle kunststoffen (plastics) een goede **isolator**. Het laat geen elektrische stroom door. Bovendien is het goedkoop, sterk en gaat het lang mee (naar schatting meer dan honderd jaar).

Andere veelgebruikte isolatoren zijn rubber, glas en lucht.

GEVAREN VAN ELEKTRICITEIT

Het gebruik van elektrische energie brengt twee gevaren met zich mee. Als draden te veel stroom moeten verwerken, kunnen ze zo heet worden dat er brand ontstaat. Als mensen of dieren een onderdeel aanraken waar netspanning op staat, krijgen ze een **schok**.
Om veilig gebruik te kunnen maken van elektrische energie, moet je dus voorkomen:

- dat de stroomsterkte door apparaten en leidingen te groot wordt;
- dat je in contact komt met onderdelen waar netspanning op staat.

Alle leidingen en elektrische apparaten in huis zijn daarom geïsoleerd. Op of om de geleidende delen is een laag aangebracht van een goede isolator zoals kunststof. Deze isolatie voorkomt dat je delen kunt aanraken waar netspanning op staat.

Als de isolatie van een apparaat kapotgaat, kan er in het apparaat **kortsluiting** ontstaan (afbeelding 3). De stroom volgt dan een route met heel weinig weerstand, zodat de stroomsterkte veel te groot wordt. De stroomsterkte kan ook te groot worden door **overbelasting**: er staan dan te veel apparaten tegelijk aan.

afbeelding 3 Door kortsluiting is brand ontstaan.

BRAND DOOR KORTSLUITING

Door brand in een huis aan de Elzenlaan moest in de nacht van dinsdag op woensdag een bewoner naar het ziekenhuis.



De brand ontstond door kortsluiting in een spotje in het plafond. Daardoor ontstond veel rook en ook kwam er koolmonoxide vrij. Een bewoner kreeg klachten door de hoge hoeveelheid koolmonoxide en is naar het ziekenhuis gebracht. Politie en brandweer waren snel ter plaatse. De brandweermannen moesten het plafond slopen om de brand te kunnen blussen. De woning liep flinke schade op.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Op de verpakking van een verlengsnoer staat: belastbaar tot 2200 W.
Bereken hoe groot de stroomsterkte door het verlengsnoer op zijn hoogst mag worden.

gegevens $P = 2200$ W
$U = 230$ V

gevraagd $I = ?$

uitwerking $I = \frac{P}{U} = \frac{2200}{230} = 9{,}6$ A

VEILIGHEIDSMAATREGELEN

De huisinstallatie is op verschillende manier beveiligd: met zekeringen, met aardlekschakelaars en met aardleidingen.

ZEKERINGEN

De **groepszekeringen** in de meterkast schakelen de stroom uit, als die boven een bepaalde waarde komt. Meestal worden zekeringen van 16 A gebruikt. Zo'n zekering laat de stroom ongehinderd door tot maximaal 16 A. Als de stroomsterkte daarboven komt, onderbreekt de zekering de stroomkring meteen.

AARDLEKSCHAKELAAR

Een **aardlekschakelaar** controleert of er ergens in huis stroom 'weglekt', bijvoorbeeld doordat de isolatie van een apparaat kapot is gegaan. In dat geval bestaat er een verschil tussen de stroom die het huis binnenkomt en de stroom die het huis verlaat. Als het verschil groter is dan 30 mA, schakelt de aardlekschakelaar binnen 0,2 s de stroom uit.

RANDAARDE

Sommige apparaten hebben een metalen buitenkant die onder spanning kan komen te staan. Daarom wordt de metalen buitenkant van zo'n apparaat geaard met een groengele **aardedraad** (afbeelding 4). De aardedraad loopt van de metalen buitenkant via het snoer naar de rand van het stopcontact; vandaar de naam **randaarde**.

Van de rand van het stopcontact loopt de aardedraad verder naar de aardrail in de meterkast. De aardrail is verbonden met een metalen pin die diep in de bodem is geslagen. Als de metalen buitenkant van een apparaat onder spanning komt te staan, loopt er via de aardedraad een grote stroom weg naar de aarde. Dat zorgt ervoor dat de aardlekschakelaar de stroom meteen uitschakelt.



afbeelding 4 Een geaard stopcontact heeft drie draden. De groengele draad is de aardedraad.

Apparaten die je in en rond het huis gebruikt kun je veiliger maken door gebruik te maken van laagspanning. Je kunt ook apparaten gebruiken die zijn beveiligd met dubbele isolatie.

GEBRUIK VAN LAAGSPANNING

Je kunt transformatoren gebruiken om mensen af te schermen van de netspanning van 230 V. Een goed voorbeeld is de manier waarop een elektrische tandenborstel wordt opgeladen. De primaire spoel zit in de goed geïsoleerde oplader, de secundaire spoel in de tandenborstel zelf. Wat je ook doet met de tandenborstel, je kunt onmogelijk in aanraking komen met 230 V.

DUBBELE ISOLATIE

Veel apparaten zijn **dubbel geïsoleerd**. Ze hebben twee aparte lagen isolatie. De eerste laag isolatie vind je rond alle onderdelen waar stroom doorheen loopt. De tweede laag isolatie zit daar nog eens omheen. Meestal is die tweede laag de kunststof buitenkant van het apparaat. Dubbel geïsoleerde apparaten zijn te herkennen aan een symbool dat op het apparaat staat (afbeelding 5).



afbeelding 5 Het symbool voor dubbele isolatie vind je op veel apparaten, zoals op deze föhn.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Een kilowattuurmeter (kWh-meter) houdt bij hoeveel .... er in huis wordt verbruikt.

b Stoffen die de elektrische stroom goed doorlaten, zoals het .... in een installatiedraad, noem je ....

c Stoffen waar geen elektrische stroom doorheen kan lopen, zoals het .... rond een installatiedraad, noem je ....

d Als de .... van een apparaat kapotgaat, kan er in het apparaat .... ontstaan; de stroomsterkte wordt dan veel te groot.

e De stroomsterkte kan ook te groot worden door ....; er staan dan te veel .... tegelijk aan.

2 Het gebruik van elektrische energie brengt twee gevaren met zich mee.

a Welke twee gevaren zijn dat?

....

....

....

....

b In welk geval schakelt een groepszekering de stroom uit?

....

....

c In welk geval schakelt een aardlekschakelaar de stroom uit?

....

....

d Apparaten met een metalen buitenkant, zoals een wasmachine, worden geaard.
Welk gevaar wordt zo voorkomen?

....

....

....

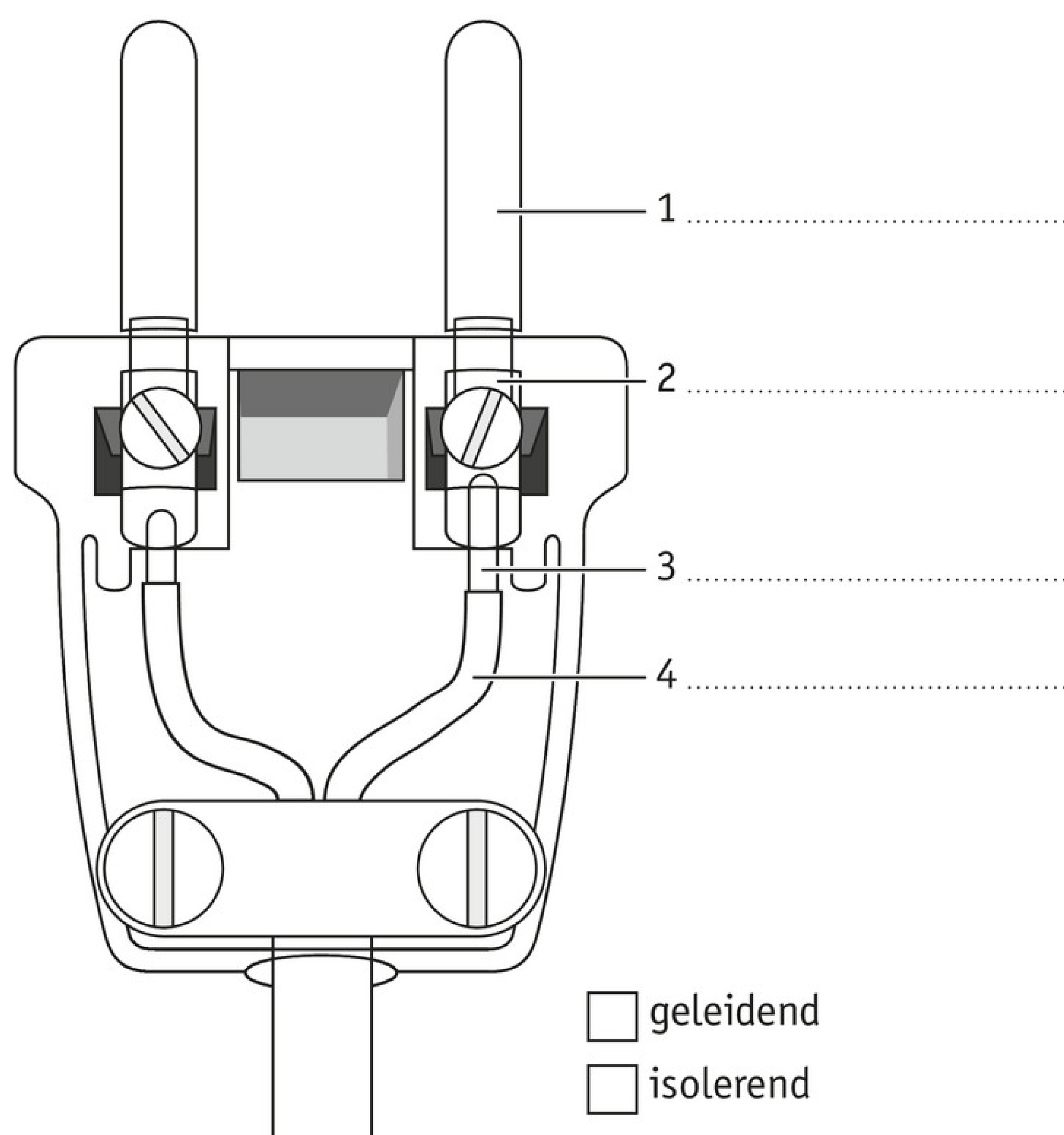
TOEPASSING

3  Elma heeft een stekker opengeschroefd (afbeelding 6).

a Kleur de geleidende delen van de stekker rood.

b Kleur de isolerende delen van de stekker blauw.

c Bij vier onderdelen is een nummer gezet.
Schrijf bij elk nummer van welke stof dit onderdeel is gemaakt.



afbeelding 6 De binnenkant van een stekker.

4 Op één groep van een huisinstallatie zijn de volgende apparaten aangesloten:

- drie ledlampen van elk 5 W;
- een waterkoker van 2200 W;
- een koffiemachine van 1500 W;
- een mixer van 450 W.

De groep wordt beveiligd door een zekering van 16 A.
Bereken of de zekering de stroom zal onderbreken, als alle apparaten tegelijk worden gebruikt.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

5 De achterruitverwarming van Tycho's auto bestaat uit tien gelijke draden (afbeelding 7a). De verwarming heeft een vermogen van 150 W en is aangesloten op de spanning van 12 V van de accu van de auto.

a Bereken de stroomsterkte door één draad van de achterruitverwarming.

....

....

....

....

....

....

....

....

b Eén van de tien draden van de achterruitverwarming breekt (afbeelding 7b).
Bereken hoe groot het vermogen van de achterruitverwarming na de breuk is.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

c Hoe is de vervangingsweerstand van de achterruitverwarming veranderd door de breuk?

- ○ A Dat kun je op grond van de beschikbare gegevens niet zeggen.
- ○ B De vervangingsweerstand is door de breuk groter geworden.
- ○ C De vervangingsweerstand is door de breuk kleiner geworden.
- ○ D De vervangingsweerstand is door de breuk niet veranderd.

d Een poosje later moet Tycho de zekering van de inmiddels gerepareerde achterruitverwarming vervangen. Hij kan kiezen tussen de vier zekeringen van afbeelding 8.
Leg uit welke zekering Tycho moet kiezen.

....

....

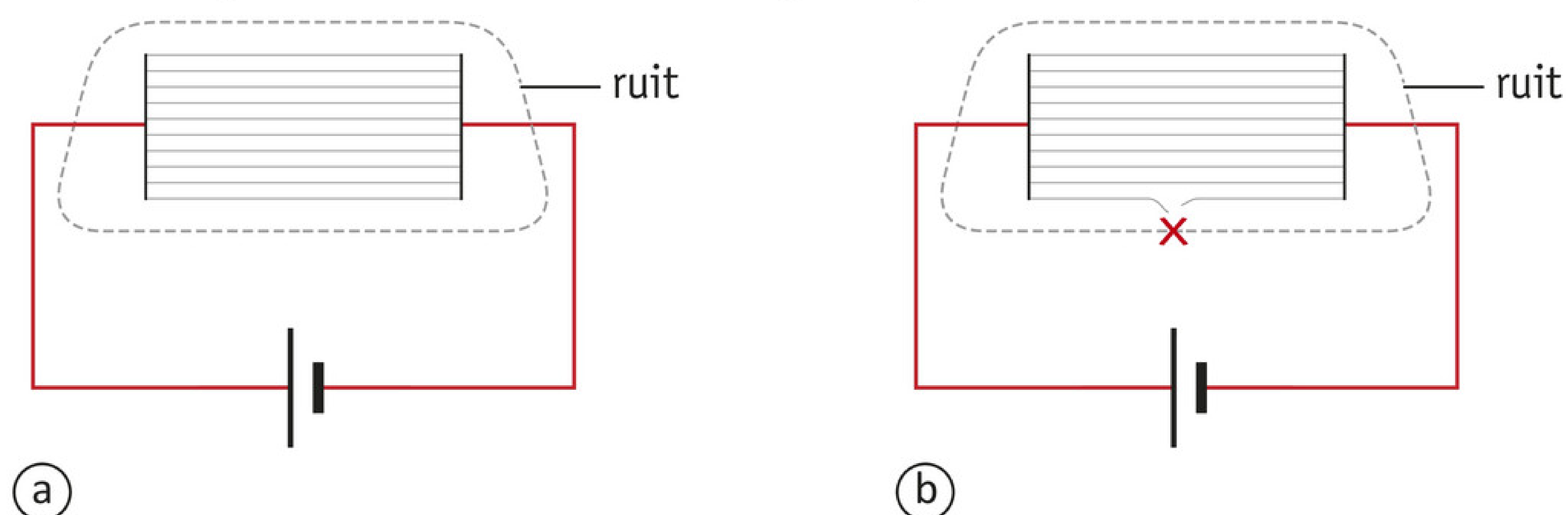
....

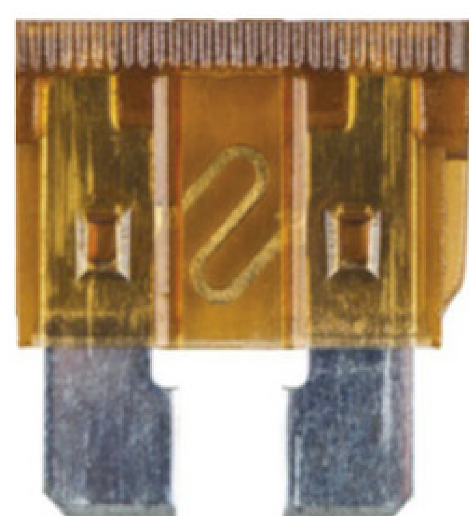
....

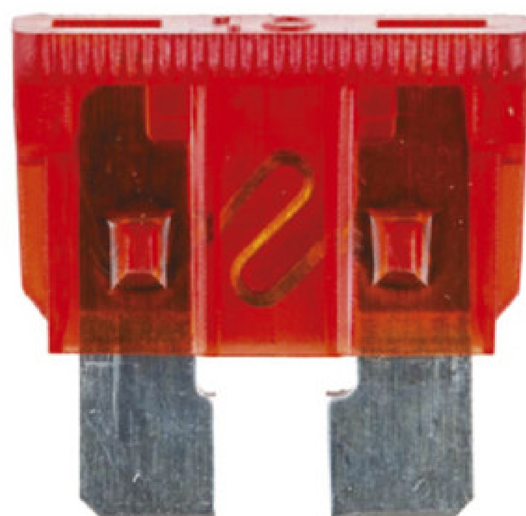
....

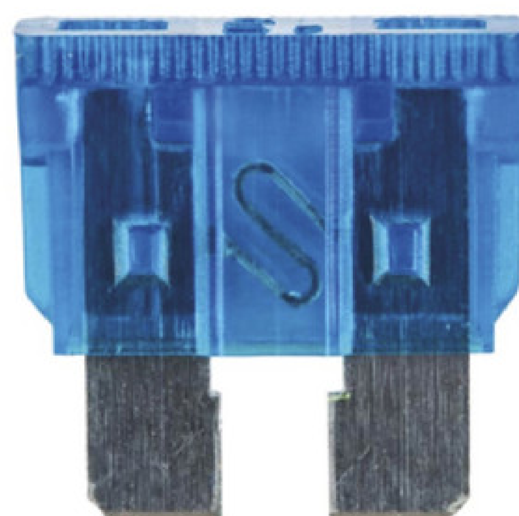
....

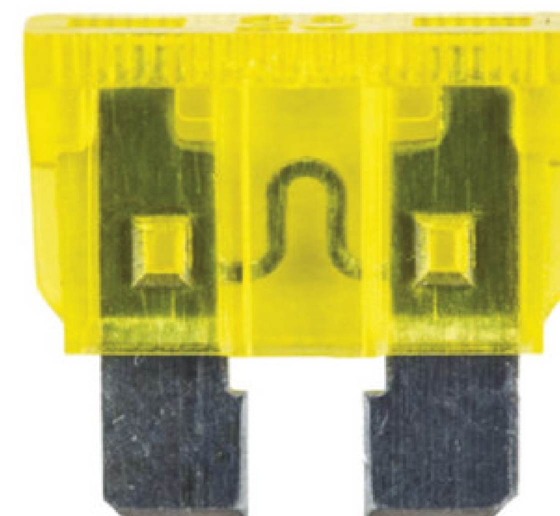
afbeelding 7 De achterruitverwarming van Tycho's auto.











afbeelding 8 Vier autozekeringen.

6 Het aansluitsnoer van een elektrisch kacheltje is voorzien van een stekker met randaarde. De huisinstallatie bevat een aantal beveiligingen die de spanning bij een storing uitschakelen. Elke groep heeft een zekering van 16 A. In tabel 1 staan drie afbeeldingen van een mogelijke storing.
Zet achter elke beveiliging één kruisje in de juiste kolom.

naar: examen 2021-I

tabel 1 Welke beveiliging hoort bij welke storing?

grootheid	storing		
beveiliging	50 A 50 A	5 A 4,95 A	10 A 10 A
randaarde			
aardlekschakelaar			
groepszekering			

Werken als theatertechnicus — beroep



Davit (26) werkt als freelance lichttechnicus. Hij verzorgt het licht tijdens theaterproducties, evenementen, live-optredens en festivals. “Het is werken onder druk” zegt hij. “Er kan altijd iets misgaan en dan moet je rustig blijven en snel een oplossing bedenken. Ik ben daar wel goed in, geloof ik.” Davit deed de opleiding Technicus (Podium- en Evenemententechniek) aan de mbo Theaterschool in Rotterdam, een driejarige mbo-opleiding op niveau 4. Daarna heeft hij voor allerlei opdrachtgevers gewerkt. “Altijd losse opdrachten” zegt hij, “een vast dienstverband heeft er voor mij tot nu toe niet ingezeten. Dat is onzeker, natuurlijk, maar ik vind het werk veel te leuk om iets anders te gaan doen.”

★ 7

Lees de tekst 'Werken als theatertechnicus'.
De lichtinstallatie van een theater is net als een huisinstallatie verdeeld in verschillende groepen, elk met een eigen zekering van 16 A. Alle lampen werken op 230 V, net als lampen thuis. Er bestaan allerlei verschillende toneellampen, met vermogens van 20 W tot wel 1000 W.

a Davit gebruikt theaterschijnwerpers die een vermogen hebben van elk 650 W. Hoeveel van deze theaterschijnwerpers kan hij maximaal op één groep aansluiten?

....

....

....

....

b Davit gebruikt ook spotlights met een vermogen van 150 W per stuk. Hoeveel van deze spotlights kan hij maximaal op één groep aansluiten?

....

....

c Op een groep zijn vier schijnwerpers van 600 W aangesloten en vijf spotlights van 150 W.
Laat met een berekening zien of de groepszekering zal doorsmelten.

....

....

....

....

....

....

d Iemand stelt voor om nog een vijfde schijnwerper van 600 W op dezelfde groep aan te sluiten. Davit rekent even en geeft dan zijn reactie.
Leg uit wat zijn reactie zal zijn.

....

....

....

8 Het symbool in afbeelding 9 vind je op allerlei elektrische apparaten.

a Wat betekent dit symbool? ....

b Leg uit waarom apparaten met dit symbool niet zijn geaard.

afbeelding 9 Wat betekent dit symbool?

....

....

9 Dunya en Daisy onderzoeken tijdens een practicum een parallelschakeling. Het schema van deze schakeling staat in afbeelding 10. Ze gaan na of een verandering van de weerstand in de ene stroomkring gevolgen heeft voor de stroomsterkte in de andere stroomkring. In serie met de regelbare weerstand hebben Dunya en Daisy een vaste weerstand van 280 Ω opgenomen.

a Leg uit waarom ze de vaste weerstand niet weg mogen laten.

....

....

....

....

b Bereken op welke waarde Dunya en Daisy de regelbare weerstand hebben ingesteld.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

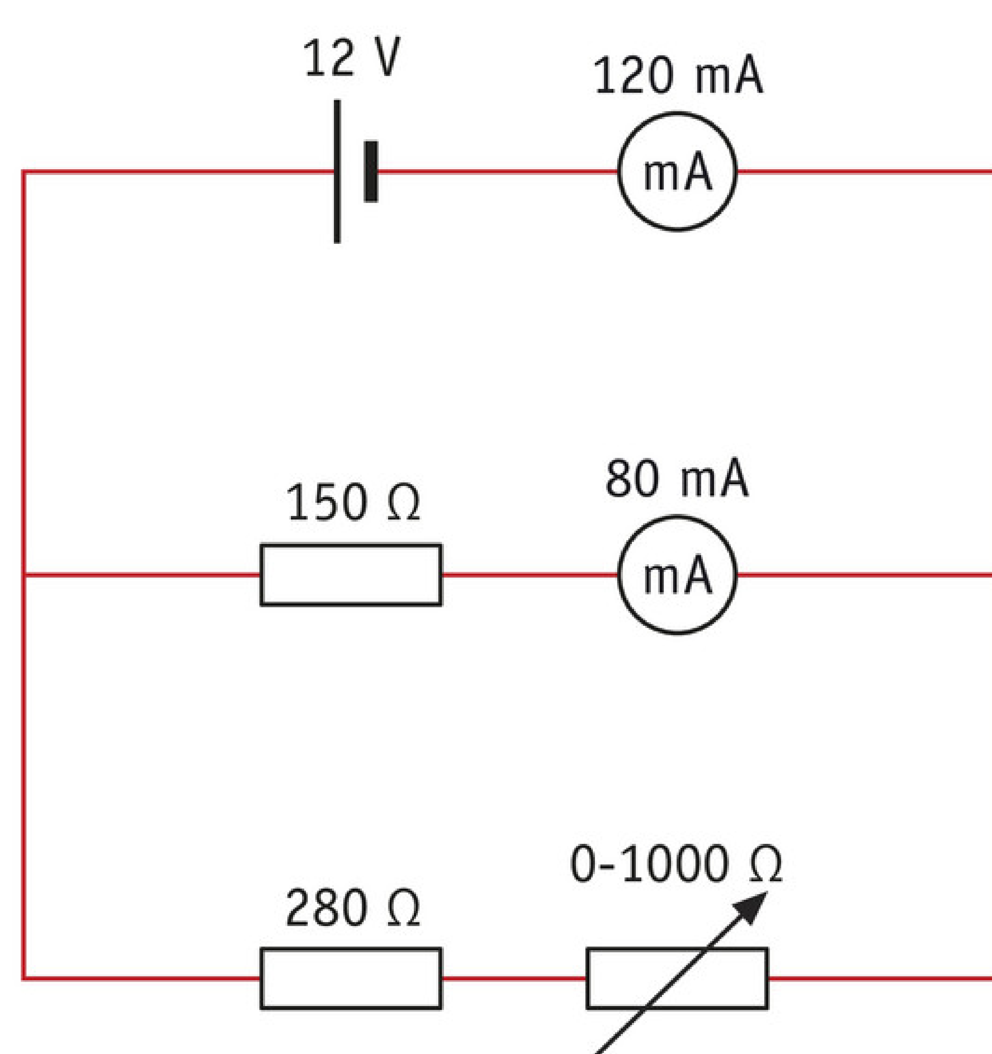
c Dunya en Daisy stellen de regelbare weerstand in op een kleinere waarde.
Leg uit wat er met de stroomsterkte door de weerstand van 150 Ω gebeurt als de regelbare weerstand kleiner wordt gemaakt.

....

....

....

....



afbeelding 10 Schakelschema van de proefopstelling van Dunya en Daisy.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

De volgende twee proeven staan in de online leeromgeving. Je leraar beslist of de proeven worden uitgevoerd.

PROEF 1 VERMOGEN, SPANNING EN STROOMSTERKTE

30 minuten

Doel

Bij deze proef onderzoek je het verband tussen het vermogen, de spanning en de stroomsterkte. De onderzoeksvraag luidt:
Wat voor soort verband bestaat er:

- *tussen het vermogen en de spanning;*
- *tussen het vermogen en de stroomsterkte?*

PROEF 2 DE TRANSFORMATOR

35 minuten

Doel

Je maakt kennis met een aantal belangrijke eigenschappen van een transformator.

PROEF 3 DE VERVANGINGSWEERSTAND VAN EEN SERIESCHAKELING

20 minuten

Inleiding

Weerstanden schakel je vaak in serie. Volgens de theorie kun je de waarde van de weerstanden dan bij elkaar optellen. Bij deze proef controleer je of die bewering klopt.

Doel

In deze proef maak je een serieschakeling van twee weerstanden. De onderzoeksvraag luidt:
Hoe groot is de vervangingsweerstand R_v van twee in serie geschakelde weerstanden?

Nodig

- ☐ voedingskastje
- ☐ spanningsmeter
- ☐ stroommeter
- ☐ 2 weerstanden
- ☐ snoeren

Uitvoeren en uitwerken

- Bekijk de twee weerstanden. Bepaal zo nodig hun weerstandswaarde.

1 Noteer de waarde van elke weerstand.

....

....

- Maak een serieschakeling met de twee weerstanden.

2 Bereken de vervangingsweerstand met de formule:
$R_v = R_1 + R_2$

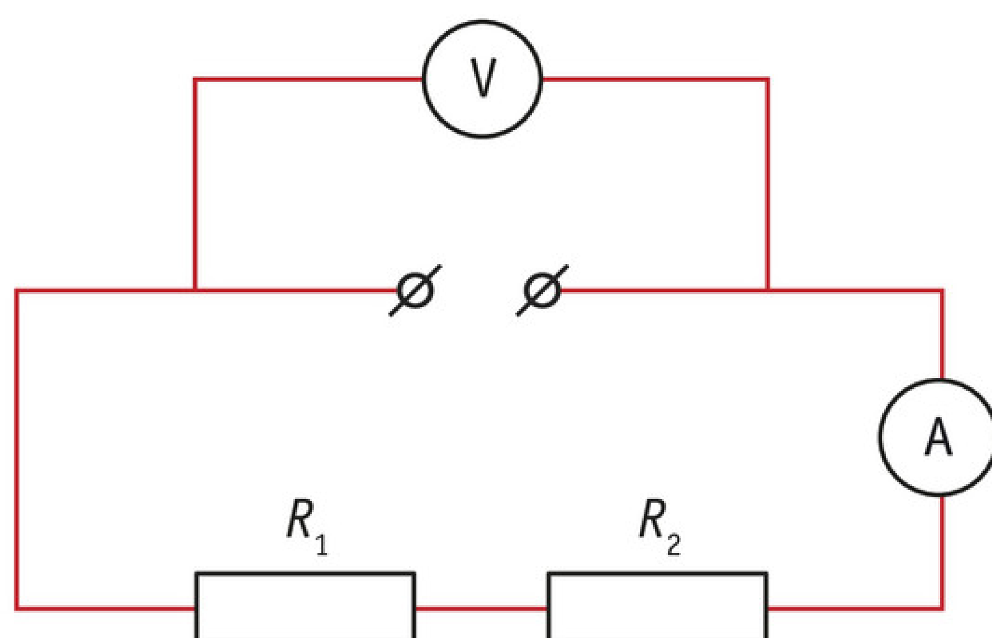
....

....

....

....

- Bouw de schakeling van afbeelding 1.



afbeelding 1 Het schakelschema van proef 3.

- Stel het voedingskastje in op 6,0 V gelijkspanning.
- Meet de totale spanning en de stroomsterkte.

3 Noteer de (totale) spanning en de stroomsterkte.

....

....

4 Bereken de vervangingsweerstand met de formule:

$$R_v = \frac{U_{tot}}{I}$$

5 Vergelijk de uitkomsten van opdracht 2 en 4.
Wat is je conclusie?

PROEF 4 DE VERVANGINGSWEERSTAND VAN EEN PARALLELSCHAKELING


20 minuten

Inleiding

Bij proef 3 heb je de vervangingsweerstand bepaald van twee weerstanden die in serie zijn geschakeld. Bij deze proef ga je met dezelfde weerstanden aan het werk, maar nu schakel je ze parallel.

Doel

Je bepaalt opnieuw de vervangingsweerstand. De onderzoeksvraag luidt:
Hoe groot is de vervangingsweerstand R_v *van twee parallel geschakelde weerstanden?*

Nodig

- ☐ voedingskastje
- ☐ spanningsmeter
- ☐ stroommeter
- ☐ 2 weerstanden
- ☐ snoeren

Uitvoeren en uitwerken

- Bekijk de twee weerstanden. Bepaal zo nodig hun weerstandswaarde.

1 Noteer de waarde van elke weerstand.

- Maak een parallelschakeling met de twee weerstanden.

2 Bereken de vervangingsweerstand met de formule:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

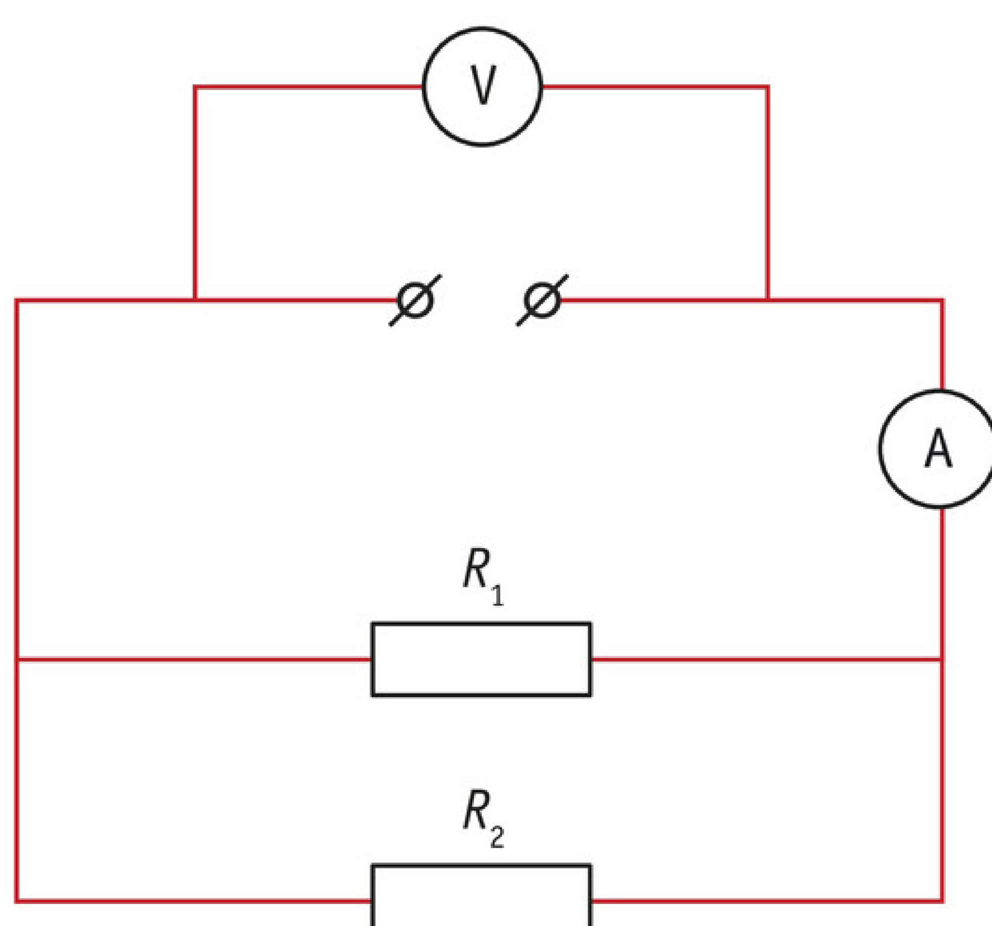
....

....

....

....

- Bouw het schakelschema van afbeelding 2. Stel het voedingskastje in op 6,0 V gelijkspanning.
- Meet de spanning en de totale stroomsterkte.



afbeelding 2 Het schakelschema van proef 4.

3 Noteer de spanning en de totale stroomsterkte.

....

....

4 Bereken de vervangingsweerstand met de formule:

$$R_v = \frac{U}{I_{tot}}$$

....

....

....

....

5 Vergelijk de uitkomsten van opdracht 2 en 4.
Wat is je conclusie?

....

....

....

....

6 Volgens de theorie is de vervangingsweerstand bij een parallelschakeling kleiner dan R_1 en ook kleiner dan R_2.
Hoe zit dat bij deze parallelschakeling?

....

....

....

....

De volgende proef staat in de online leeromgeving. Je leraar beslist of de proef wordt uitgevoerd.

PROEF 5 ONDERZOEK: WISSELSPANNING ZICHTBAAR MAKEN

45 minuten

Doel

Als je een lamp op wisselspanning laat werken, verandert de stroomsterkte door de lamp voortdurend. Daardoor geeft de lamp niet steeds evenveel licht. Met het blote oog is dat niet te zien. De computer kan dat wel zichtbaar maken. Met behulp van een meetprogramma op de computer en een lichtsensor maak je de veranderingen zichtbaar.
De onderzoeksvraag luidt:
Hoe verandert de hoeveelheid licht als je een lamp op wisselspanning laat branden?

Leerstofoverzicht

12.1 STROOM EN SPANNING

ONTHOUD

- Je zet een apparaat aan door een gesloten stroomkring door het apparaat te maken. Er is dan een geleidende verbinding van de spanningsbron naar het apparaat en weer terug.
- De stroom loopt altijd van de pluspool van de spanningsbron via het apparaat naar de minpool van de spanningsbron.
- Een diode is een schakelonderdeel dat de stroom maar in één richting doorlaat. Als je een diode andersom aansluit, laat ze geen stroom door.
- Een led is een diode die licht geeft. Om een diode licht te laten geven, sluit je de langste poot aan op de plus en de kortste poot op de min. Als je de diode andersom aansluit, doet ze het niet.
- Je kunt de capaciteit van een accu of batterij berekenen met de formule: $C = I \cdot t$
  In deze formule is t de gebruikstijd van de accu of batterij (de tijd, voordat je hem weer op moet laden).
- Het elektrisch vermogen is de hoeveelheid elektrische energie die een apparaat per seconde opneemt. Je kunt het elektrisch vermogen berekenen met de formule: $P = U \cdot I$

BEGRIPPEN

capaciteit
Eigenschap van een spanningsbron, waarmee je de gebruikstijd kunt berekenen als de stroomsterkte bekend is.

diode
Schakelonderdeel dat de stroom maar in één richting doorlaat (en de stroom in de andere richting tegenhoudt).

elektrisch vermogen
Hoeveelheid elektrische energie die (1) een spanningsbron per seconde levert; (2) een elektrisch apparaat per seconde opneemt.

gelijkspanning
Spanning met een constante, onveranderlijke waarde.

gesloten stroomkring
Stroomkring die helemaal uit geleidende delen bestaat, zodat de stroom erdoor kan rondlopen.

led
Diode die licht uitzendt en vaak als controlelampje wordt gebruikt.

minpool
Aansluitpunt van een spanningsbron, waar de stroom naartoe loopt.

pluspool
Aansluitpunt van een spanningsbron, waar de stroom vandaan komt.

12.2 SPANNING TRANSFORMEREN

ONTHOUD

- De extreem hoge spanning waarbij elektrische energie wordt vervoerd (tot maximaal 400 000 V) noem je hoogspanning. De spanning op de stopcontacten bij je thuis (230 V) noem je netspanning. De veel lagere spanning die een adapter levert, noem je een veilige spanning.
- De netspanning is een wisselspanning met een frequentie van 50 Hz. Ze golft elke seconde vijftig keer op en neer. De effectieve waarde van de netspanning is 230 V. Dat wil zeggen dat de netspanning meestal hetzelfde effect heeft als een gelijkspanning van 230 V.
- Veel apparaten werken op een veilige wissel- of gelijkspanning van bijvoorbeeld 6, 9 of 12 V. Ze hebben een adapter die de netspanning omzet naar de spanning die zij nodig hebben.
- Een transformator heeft twee spoelen. De primaire spoel neemt elektrische energie op. De secundaire spoel geeft elektrische energie af. De spoelen zijn aan elkaar gekoppeld door een (steeds veranderend) magneetveld, dat de energie doorgeeft van de ene spoel aan de andere.
- Een transformator wordt zo genoemd omdat hij de spanning transformeert (omzet). Het aantal windingen primair (n_p) en secundair (n_s) bepaalt of de spanning omhoog- of juist omlaaggaat.
  Als $n_s > n_p$, is $U_s > U_p$.
  Als $n_s < n_p$, is $U_s < U_p$.
- Voor de grootte van de spanningen en het aantal windingen geldt de formule:

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{U_p}{U_s}$$

- Transformatoren hebben een hoog rendement. Voor een ideale transformator (η = 100%) geldt dat het opgenomen vermogen gelijk is aan het afgegeven vermogen:
  $U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$

BEGRIPPEN

adapter
Apparaat dat de netspanning omzet in een lagere spanning. Vaak bevat een adapter ook een gelijkrichter.

gelijkrichter
Schakeling die een wisselspanning omzet naar gelijkspanning.

ideale transformator
Transformator met een rendement van 100%.

netspanning
Wisselspanning van het lichtnet, met een effectieve waarde van 230 V (in Nederland).

primaire spanning
Spanning waar je de primaire spoel van een transformator op aansluit.

primaire spoel
Spoel van een transformator die elektrische energie opneemt, bijvoorbeeld van het lichtnet.

secundaire spanning
Spanning die de secundaire spoel van een transformator afgeeft.

secundaire spoel
Spoel van een transformator die elektrische energie afgeeft, bijvoorbeeld aan een apparaat.

transformator
Apparaat dat spanning transformeert.

transformeren
Wisselspanning omzetten in een hogere of lagere spanning.

12.3 SERIE- EN PARALLELSCHAKELING

ONTHOUD

- Een serieschakeling is in haar geheel één stroomkring. De stroom loopt achtereenvolgens door elk onderdeel van de schakeling. Een parallelschakeling heeft verschillende stroomkringen, één voor elk onderdeel.
- Elektrische apparaten worden parallel aan elkaar geschakeld; (1) omdat ze dan allemaal op dezelfde spanning werken, en (2) omdat je ze dan apart aan en uit kunt zetten.
- In een serieschakeling verdeelt de spanning zich over de verschillende schakelonderdelen. In een parallelschakeling verdeelt de stroomsterkte zich over de verschillende schakelonderdelen.
- Dit zijn de regels voor de spanning, stroom en weerstand in serie- en parallelschakelingen:

serieschakeling	parallelschakeling
$U_1 = I \cdot R_1$ $U_2 = I \cdot R_2$ $U_{tot} = U_1 + U_2 + ...$	$U = I_{tot} \cdot R_v$
$I = \frac{U_{tot}}{R_v}$	$I_1 = \frac{U}{R_1}$ $I_2 = \frac{U}{R_2}$ $I_{tot} = I_1 + I_2 + ...$
$R_v = R_1 + R_2 + ...$	$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ...$

- In berekeningen gebruik je de formules $P = U \cdot I$ en $E = P \cdot t$ vaak in combinatie met de formules voor serie- en parallelschakelingen.

BEGRIPPEN

parallelschakeling
Schakeling met vertakkingen, zodat elk onderdeel van de schakeling een eigen, aparte stroomkring heeft.

serieschakeling
Schakeling zonder vertakkingen waarbij de stroom achtereenvolgens door elk onderdeel van een schakeling loopt.

12.4 ELEKTRICITEIT EN VEILIGHEID

ONTHOUD

- De huisinstallatie begint waar de voedingskabel de meterkast binnenkomt. De leiding loopt daarna via de hoofdzekering, de energiemeter (kWh-meter) en één of meer aardlekschakelaars naar de groepenkast. Daar splitst de leiding zich in verschillende parallelle groepen, elk met een eigen zekering en groepsschakelaar.
- De leidingen van de huisinstallatie hebben een geleidende kern, met daaromheen een isolerende buitenlaag. De kern is van koper, een goede geleider. De buitenkant wordt vaak van pvc gemaakt, een goed isolerende kunststof.
- Elektriciteit kan op twee manieren gevaarlijk zijn. Als de stroomsterkte te groot wordt, bestaat er kans op brand. Als je een onderdeel aanraakt waar netspanning op staat, krijg je een schok.
- Bij kortsluiting kan de stroom een route volgen met heel weinig weerstand. Bij overbelasting staan er te veel apparaten tegelijk aan. In beide gevallen wordt de stroomsterkte te groot.
- Zekeringen schakelen de stroom uit als de stroomsterkte te groot wordt.
- Aardlekschakelaars schakelen de stroom uit als er ergens in huis een stroompje ‘weglekt’. Aardleidingen laten een stroom naar de aarde weglopen, als de metalen buitenkant van een apparaat onder spanning komt te staan. De aardlekschakelaar schakelt de stroom dan uit.
- Een dubbel geïsoleerd apparaat heeft een extra laag isolatie, die je beschermt tegen schokken. Meestal is de buitenkant dan van een isolerende kunststof gemaakt. Transformatoren zetten de netspanning om in een veilige spanning van bijvoorbeeld 6, 9 of 12 V.

BEGRIPPEN

aardedraad
Groengele draad die de metalen buitenkant van een apparaat verbindt met de aardrail in de meterkast.

aardlekschakelaar
Apparaat dat de stroom die het huis binnenkomt, vergelijkt met de stroom die het huis verlaat. Als het verschil te groot wordt (als er te veel stroom ‘weglekt’), schakelt de aardlekschakelaar de stroom uit.

dubbel geïsoleerd
Beveiliging van een apparaat met twee aparte lagen isolatie; meestal is de tweede laag de kunststof buitenkant van het apparaat.

energiemeter
Meter die bijhoudt hoeveel elektrische energie er in huis wordt verbruikt.

geleider
Materiaal dat een elektrische stroom gemakkelijk doorlaat, zoals koper.

groepszekering
Zekering die één groep van een huisinstallatie beveiligt tegen te grote stromen.

isolator
Materiaal waar geen elektrische stroom doorheen kan lopen, zoals plastic.

kortsluiting
Defect in de isolatie van een elektrisch apparaat waardoor de stroom nauwelijks weerstand meer ondervindt en veel te groot wordt.

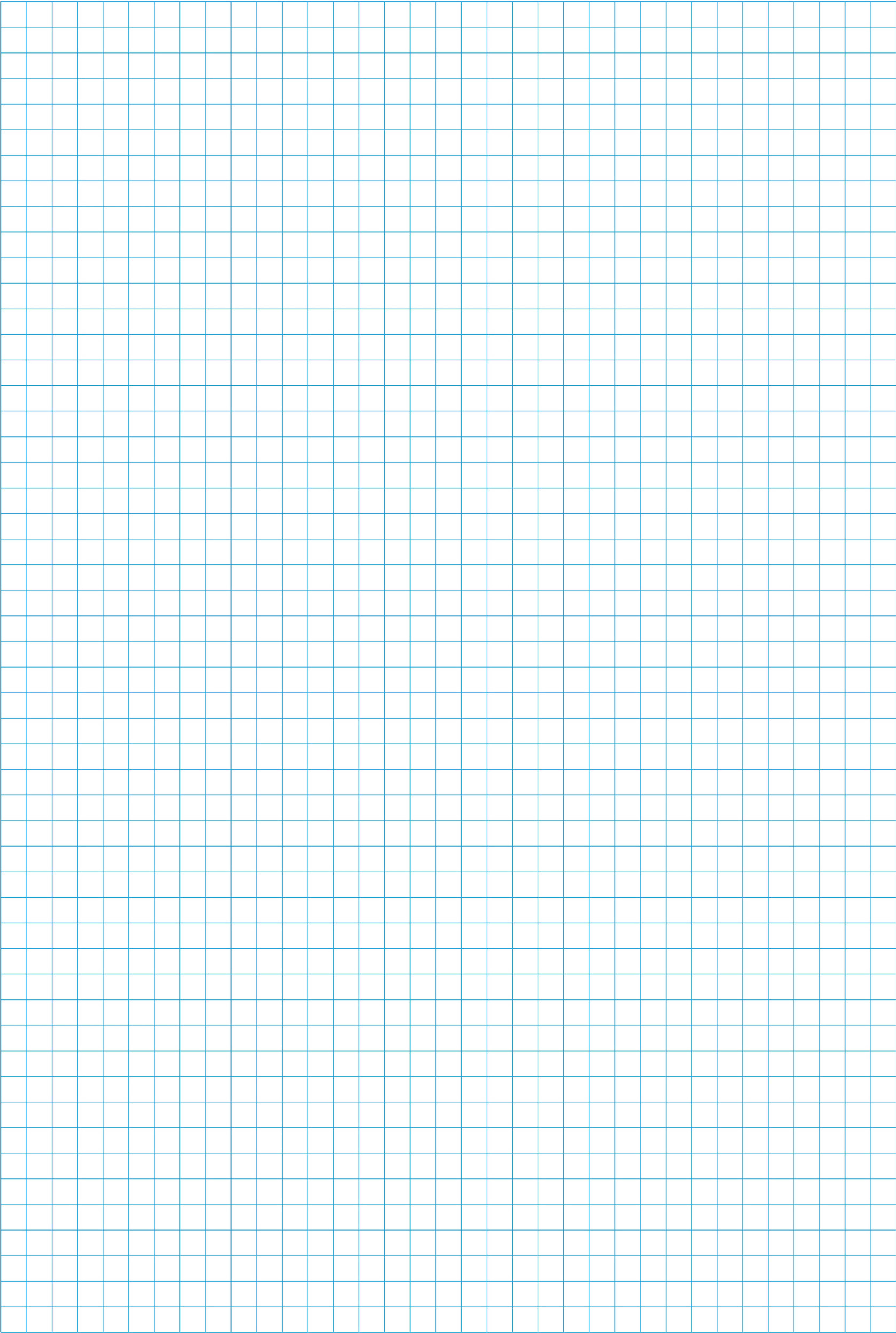
kWh-meter
Andere naam voor energiemeter.

overbelasting
Situatie dat er te veel apparaten tegelijk aanstaan, zodat de totale stroomsterkte te groot wordt.

randaarde
Extra contactpunt aan de rand van het stopcontact dat verbonden is met een aardedraad.

schok
Plotselinge snelle samentrekking van je spieren, doordat er een elektrische stroom doorheen loopt.


Ga naar de *Flitskaarten*.



Examentraining A

EXAMEN DOEN
Aan het einde van dit schooljaar doe je centraal examen. In twee uur tijd laat je dan zien wat je bij het vak natuur- en scheikunde I hebt geleerd. In het onderdeel Examentraining ga je alvast oefenen. Je maakt kennis met verschillende soorten examenopdrachten en je leert hoe je die kunt aanpakken.





1 Het centraal examen (CE)

Het centraal examen natuur- en scheikunde I duurt twee uur. Het bestaat uit ruim veertig examenopdrachten. Sommige van die opdrachten maak je op papier, net als bij een toets. Bij andere opdrachten moet je iets invullen, aankruisen, omcirkelen of tekenen op een aparte uitwerkbijlage. Dat wordt altijd bij de opdracht vermeld.

Waar gaat het centraal examen over?

De leerstof voor het centraal examen staat in de volgende elf *Nova*-hoofdstukken:

Nova 3GT deel A	hoofdstuk 4 *Stoffen*
Nova 3GT deel B	hoofdstuk 6 *Warmte* en hoofdstuk 7 *Materialen*
Nova 4GT deel A	alle hoofdstukken: *Schakelingen*, *Krachten*, *Energie* en *Elektriciteit*
Nova 4GT deel B	alle hoofdstukken: *Geluid*, *Werktuigen*, *Bewegingen* en *Kracht en beweging*

Ook moet je de vaardigheden beheersen die achter in de boeken staan, zoals een berekening maken of een grafiek tekenen.

Welke hulpmiddelen mag je gebruiken?

Op het examen mag je verschillende hulpmiddelen gebruiken (afbeelding 1). De belangrijkste zijn: pennen, potloden, een gum, een geodriehoek, een rekenmachine en het Binas informatieboek KGT 2^{e} editie. Als je dat wilt, mag je ook een woordenboek Nederlands meenemen. Voor verschillende hulpmiddelen gelden regels. Je leraar kan je vertellen wat er wel mag en wat niet.



afbeelding 1 Dit ligt er allemaal op je tafel als je examen doet.

Hoe zit het examen in elkaar?

De examenopdrachten zijn verdeeld over ongeveer acht verschillende praktijksituaties. Elke situatie heeft een eigen titel, zoals *Black box*, *Motorkraan* of *Aanrecht*. Bij één situatie horen meestal vier tot zes opdrachten, maar meer of minder kan ook. De opdrachten gaan vaak over leerstof uit verschillende hoofdstukken. Je moet bij elke opdracht nadenken over welke leerstof de opdracht gaat.

EXAMENOPDRACHTEN

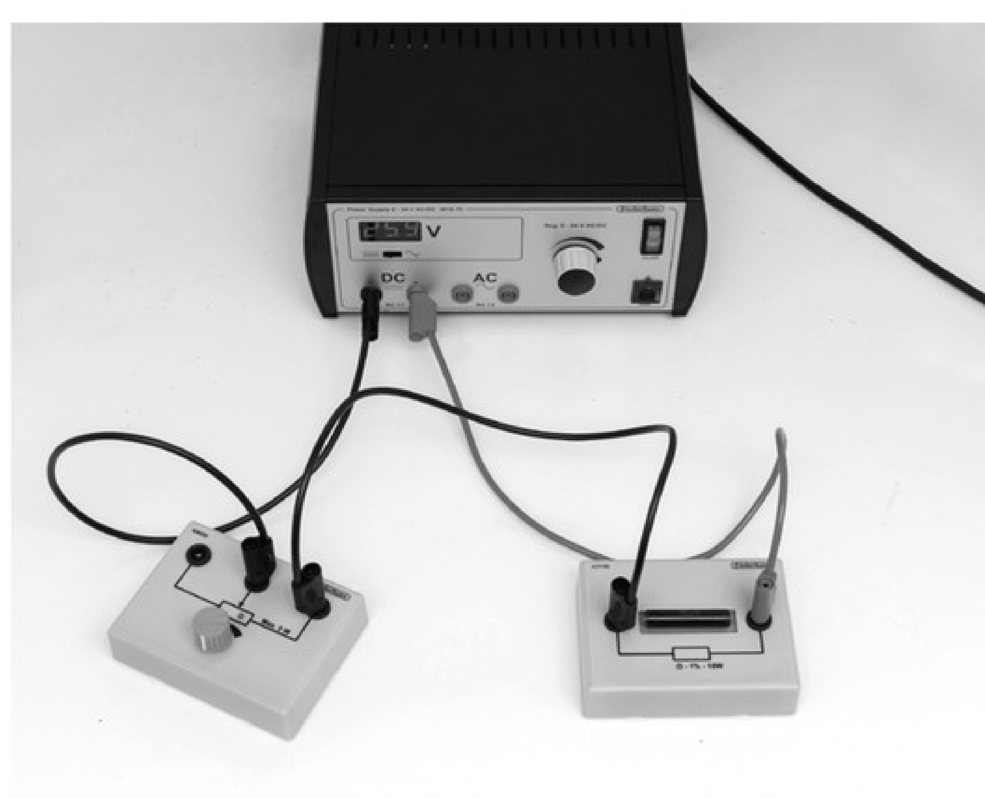
De volgende opdrachten komen uit examens van de afgelopen jaren. Daarmee kun je oefenen. Beantwoord de opdrachten met behulp van de gegeven tip(s). Gebruik daarbij ruitjespapier of lijntjespapier, net zoals bij het examen. Je kunt de uitwerkbijlagen in het boek gebruiken. Die staan steeds op een grijs vlak tussen de opdrachten.

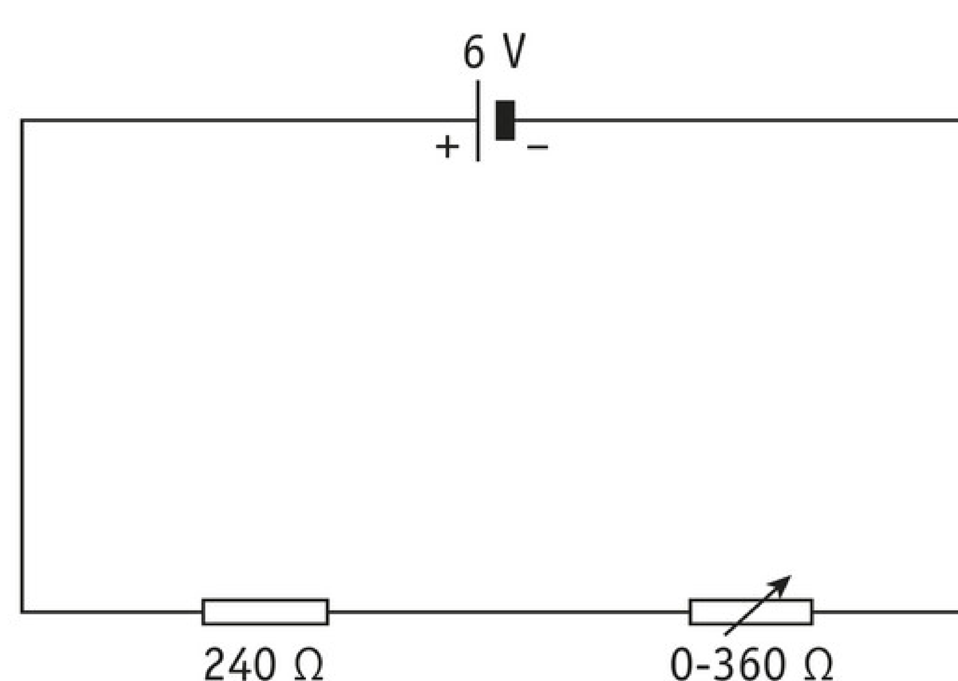
TIP 1: Bekijk de examenopdrachten 1 tot en met 6. Bedenk welke praktijksituatie bij deze opdrachten hoort.
TIP 2: Ga na over welke leerstof deze opdrachten gaan.

Elektriciteitsproef

naar: examen 2018-I

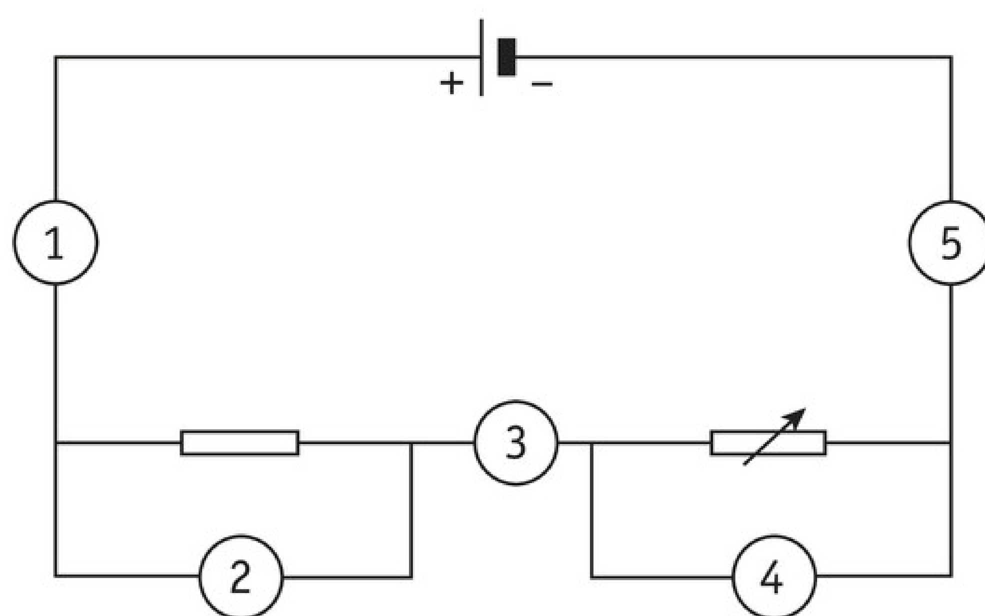
Ryan en Ayo doen een practicum met elektrische schakelingen. Je ziet een afbeelding van hun opstelling en het schakelschema.





TIP 1: Bij opdracht 1 staat dat je iets op de uitwerkbijlage moet doen. In dit boek staat de uitwerkbijlage steeds onder de opdracht op een grijs vlak. Bedenk of dit op je examen ook zo is.
TIP 2: Hoe moet je de tabel op de uitwerkbijlage invullen? Kunnen er meer dan twee kruisjes in de tabel staan?

2p **1** Ryan meet de spanning over en de stroomsterkte door de variabele weerstand.
Je ziet het schakelschema met mogelijke aansluitpunten voor de spanningsmeter en de stroommeter.



→ Zet in de tabel op de uitwerkbijlage achter elke meter een kruisje bij de plaats(en) waar Ryan de juiste metingen kan doen.

	1	2	3	4	5
spanningsmeter					
stroommeter					

Ryan stelt de spanningsbron in op 6,0 V. Hij zet de variabele weerstand in de stand 10 Ω.

2p **2** Bereken de stroomsterkte door de schakeling.

1p **3** Wat is de functie van de vaste weerstand van 240 Ω?
Die voorkomt dat
A de spanning over de variabele weerstand 0 V wordt.
B de stroomsterkte door de variabele weerstand 0 A wordt.
C de totale weerstand 0 Ω wordt.

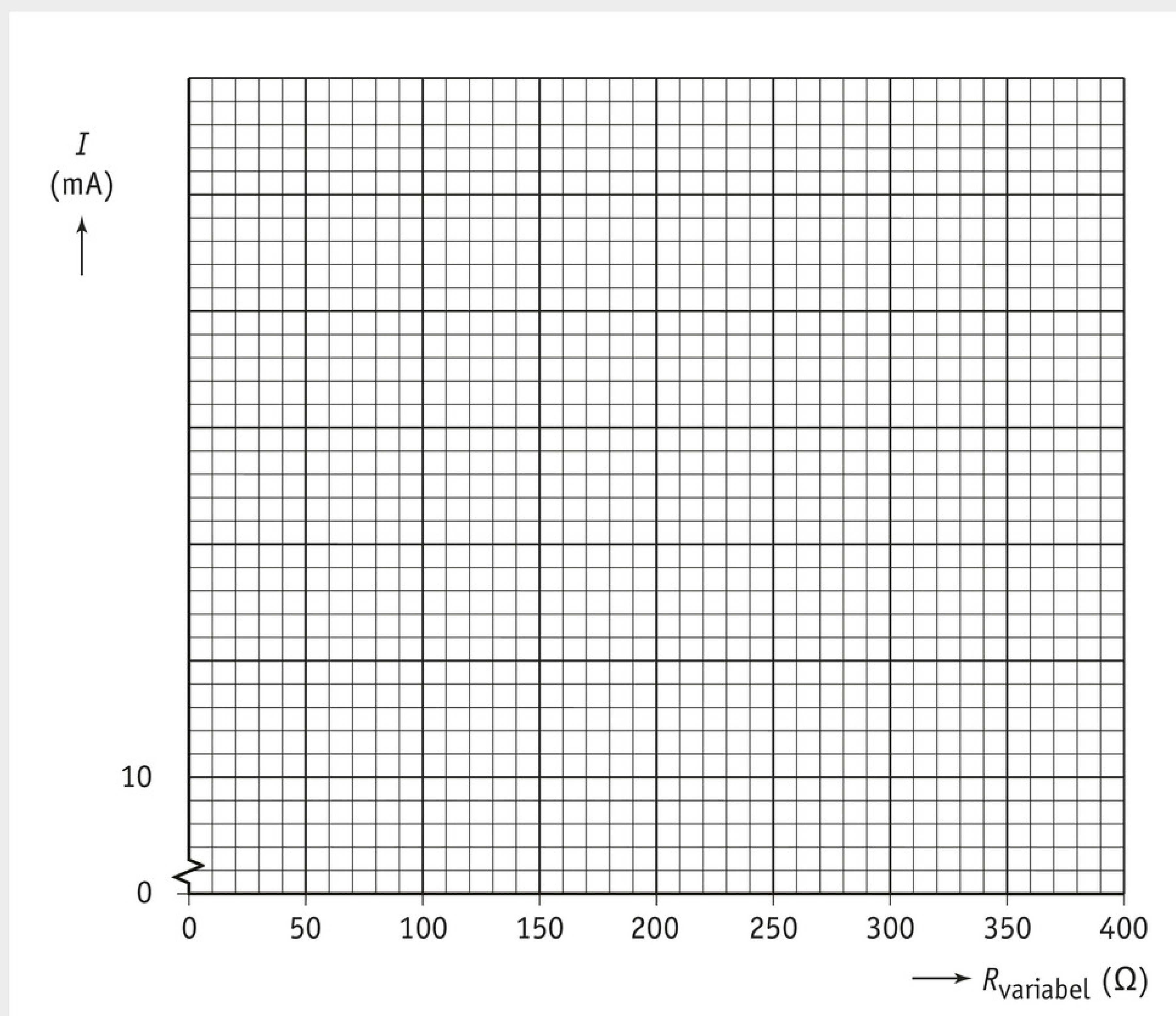
1p **4** Ayo stelt de variabele weerstand in op een grotere waarde.
Wat gebeurt er met de spanning over de vaste weerstand?
A De spanning blijft gelijk.
B De spanning neemt af.
C De spanning neemt toe.

Ryan zet de variabele weerstand op verschillende standen. Hij meet steeds de stroomsterkte door de schakeling. Je ziet een tabel met zijn resultaten.

$R_{variabel}$ (Ω)	I (mA)
40	21,5
100	17,5
150	15,5
240	12,5
300	11,0
360	10,0

TIP 1: Bij opdracht 5 heb je de uitwerkbijlage nodig. Zou je op je examen zelf de assen op je antwoordblad moeten tekenen?

3p **5** Zet in het diagram op de uitwerkbijlage alle meetpunten uit en teken de grafiek.



1p **6** Bepaal de stroomsterkte door de variabele weerstand bij een waarde van 200 Ω.

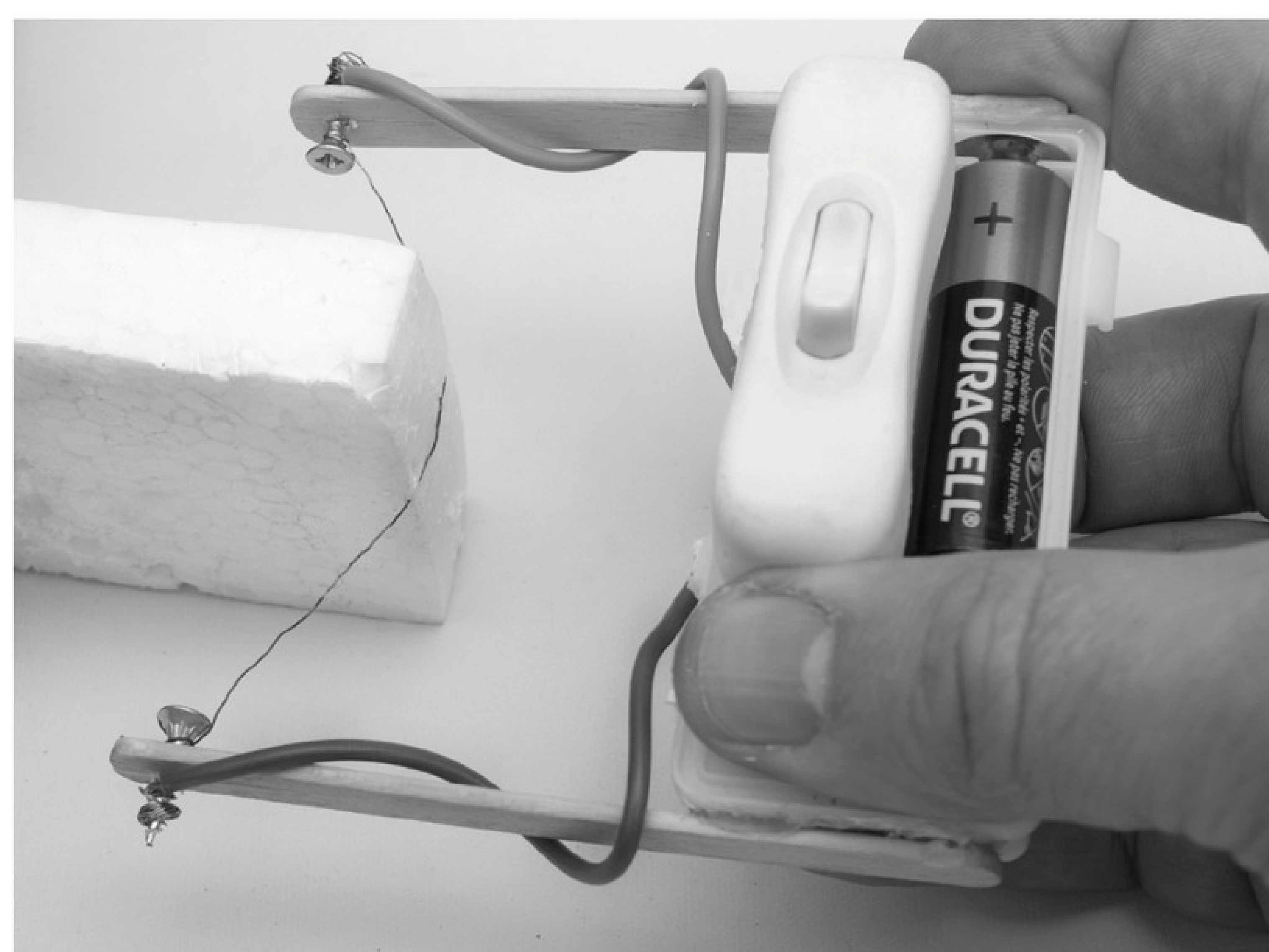
TIP 1: Bekijk de examenopdrachten 7 tot en met 13. Bedenk welke praktijksituatie bij deze opdrachten hoort.
TIP 2: Ga na over welke leerstof deze opdrachten gaan.

Piepschuim snijden

naar: examen 2021-I

Sam maakt figuren met een zelfgemaakte piepschuimsnijder.





Sam maakte de piepschuimsnijder door een batterij, een schakelaar en een weerstandsdraad in serie aan te sluiten. Sam sluit de schakelaar en de weerstandsdraad wordt heet. Daarmee kan hij door het piepschuim snijden.

2p **7** Over de nuttige energieomzettingen bij de batterij en bij de draad staat op de uitwerkbijlage een schema.
→ Noteer in dit schema de juiste energiesoorten.



TIP 1: Gebruik Binas bij opdracht 8. In welke tabel vind je de smeltpunten van aluminium, chroom, nikkel en staal?
TIP 2: In Binas staan de smeltpunten in K. Je moet de temperatuur omrekenen van °C naar K. Bedenk hoe je erachter kunt komen hoe dat moet.

1p **8** Volgens de fabrikant smelt de weerstandsdraad bij een temperatuur van 1907 °C. Van welk materiaal is de draad gemaakt?
A aluminium
B chroom
C nikkel
D staal

1p **9** Tijdens het snijden smelt een deel van het piepschuim. Een ander deel verbrandt.
Noteer de letter bij de juiste combinatie over smelten en verbranden.

	Smelten is een	Verbranden is een
A	chemische reactie	chemische reactie
B	chemische reactie	natuurkundig proces
C	natuurkundig proces	chemische reactie
D	natuurkundig proces	natuurkundig proces

1p **10** Bij het snijden koelt de weerstandsdraad af. Daardoor daalt de weerstand van de draad. Hierdoor veranderen de stroomsterkte door en het vermogen van de draad. De spanning van de batterij blijft gelijk.
Noteer de letter bij de juiste combinatie over de stroomsterkte en het vermogen.

	De stroomsterkte	Het vermogen
A	neemt af	neemt af
B	neemt af	neemt toe
C	neemt toe	neemt af
D	neemt toe	neemt toe

De batterij heeft een spanning van 3,2 V. Tijdens het snijden is de stroomsterkte door de draad 410 mA.

TIP: Bij opdracht 11 moet je een berekening uitvoeren. Zorg ervoor dat alle gegevens de juiste eenheid hebben voordat je met je berekening begint.

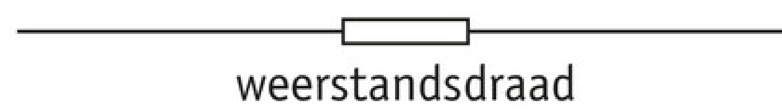
2p **11** Bereken de weerstand van de draad tijdens het snijden.

TIP 1: Ook bij opdracht 12 moet je iets berekenen. Waar vind je welke formule je nodig hebt?
TIP 2: Denk er goed over na welke eenheden je gebruikt bij deze opdracht.

2p **12** De capaciteit van de batterij is 1200 mAh.
→ Bereken de tijd die deze batterij maximaal energie kan leveren.

TIP: Zoek voor opdracht 13 in Binas de schakelsymbolen van een batterij, een weerstand en een led op.

3p **13** Sam vergeet regelmatig de schakelaar uit te zetten. Hij soldeert daarom eerst een weerstand in serie met een led. De weerstand en de led soldeert hij parallel aan de weerstandsdraad. De led brandt als het circuit gesloten is.
Op de uitwerkbijlage staat een deel van het schakelschema.
→ Maak het schakelschema compleet.



2 Opdrachten en vragen

In het centraal examen kom je twee soorten opdrachten tegen: meerkeuzevragen en open vragen. Bij een meerkeuzevraag noteer je alleen de hoofdletter van het gekozen antwoord. Als je de kleine letter noteert, wordt je antwoord fout gerekend. Misschien wil je voor zo'n opdracht toch even iets tekenen of berekenen. Doe dat dan op het kladpapier, dan ontstaan er geen misverstanden.

Bij een open vraag lees je de opdracht goed om te zien wat je moet doen. Bij de meeste open vragen wordt een opdrachtwerkwoord gebruikt, zoals: *bepaal*, *bereken*, *kruis aan*, *leg uit*, *noteer*, *omcirkel*, *teken*, *vul in*, enzovoort. Het is handig om dit opdrachtwerkwoord met een speciale kleur te markeren, zodat het goed opvalt.

De meeste opdrachtwerkwoorden hebben eigenlijk geen uitleg nodig. Aankruisen doe je door een kruisje te zetten. Omcirkelen doe je door een rondje te tekenen (het hoeft geen perfecte cirkel te zijn). Invullen doe je door het antwoord op de aangegeven plaats op te schrijven. Tekenen doe je door een tekening of grafiek (af) te maken. Doe dus altijd gewoon wat er staat.

In veel opdrachten wordt het opdrachtwerkwoord *bereken* gebruikt: *Bereken de stroomsterkte ... Bereken de zwaartekracht ... Bereken het energieverbruik ...* Je moet in zo'n geval de hele berekening noteren: de formule, de ingevulde gegevens, het getal dat er uitkomt en de juiste eenheid (afbeelding 2). Het is belangrijk dat je dat volledig doet. Een goede uitkomst zonder berekening levert geen punten op.

afbeelding 2 Vijf uitgewerkte examenopdrachten.

Bij het opdrachtwerkwoord *toon aan* moet je iets berekenen of beredeneren, terwijl je het antwoord al kent. Er staat bijvoorbeeld: *Toon aan dat de stroomsterkte 1,5 A is.* Je moet dan uit de gegevens afleiden hoe groot de stroomsterkte is, bijvoorbeeld door een berekening te maken. Maar je weet al wat er uit moet komen: 1,5 A. Vaak heb je zo'n antwoord later opnieuw nodig in een andere opdracht. Je mag de uitkomst die je moet aantonen niet gebruiken in je berekening of beredenering.

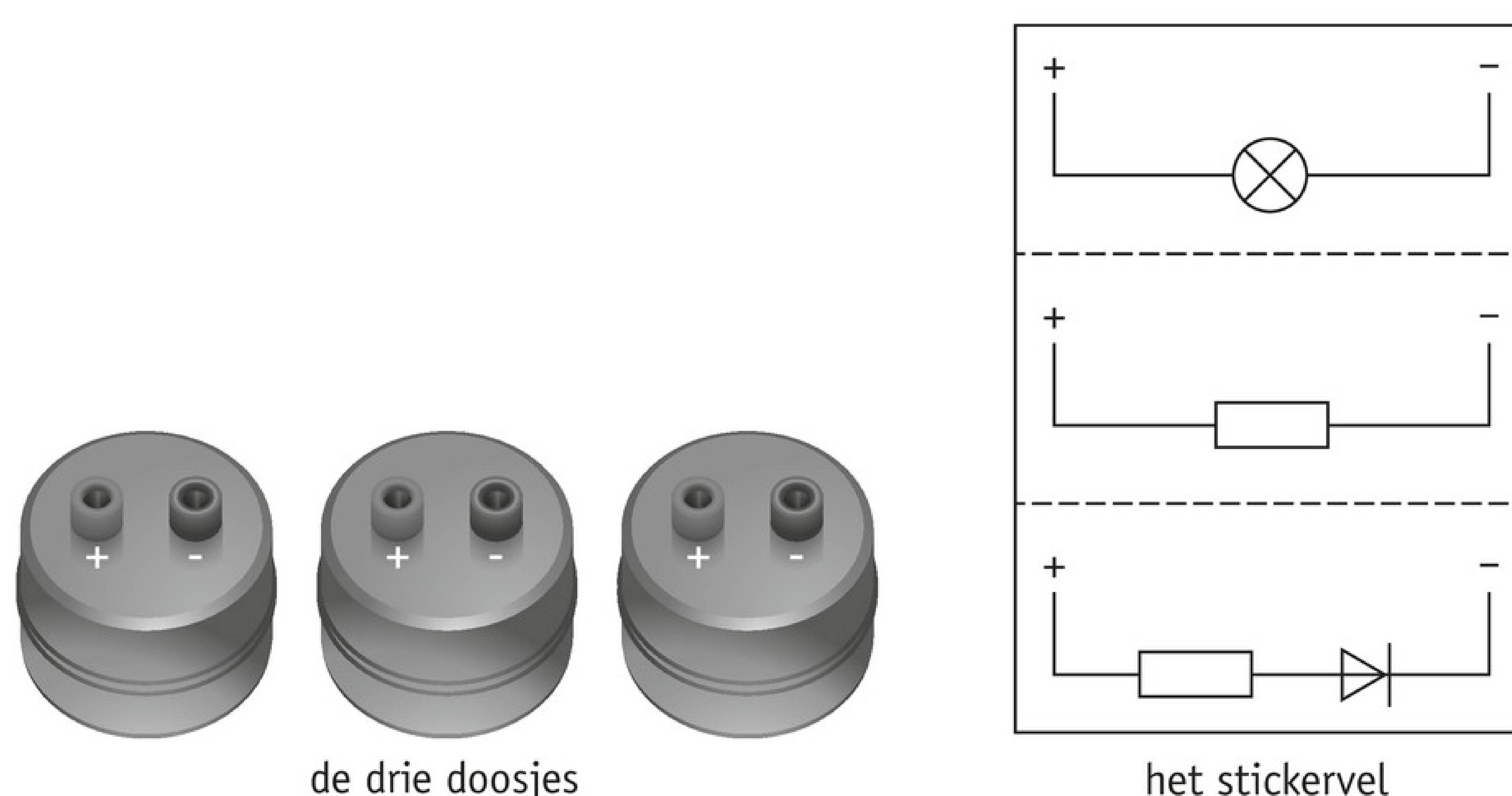
EXAMENOPDRACHTEN

TIP: Bekijk de opdrachten 1 tot en met 4. Markeer het opdrachtwerkwoord bij elke opdracht. Gebruik voor de opdrachtwerkwoorden steeds dezelfde kleur, bijvoorbeeld groen.

Black box

naar: examen 2017-I

Wietse krijgt bij een practicum elektriciteit drie gesloten doosjes met elk twee aansluitingen. In elk doosje zit een schakeling.
De leraar geeft hem een stickervel met afbeeldingen van de drie schakelingen.



de drie doosjes het stickervel

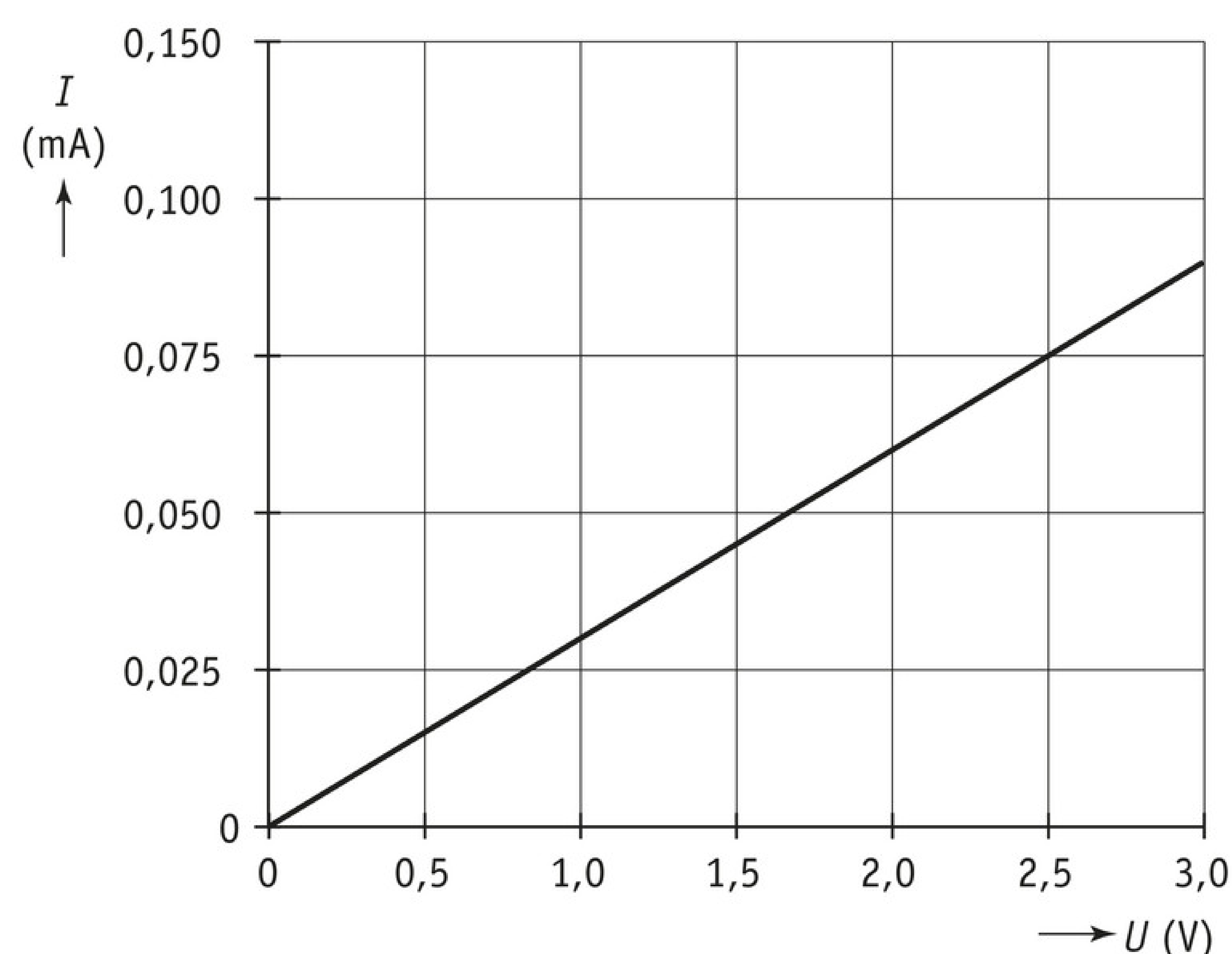
Wietse onderzoekt welke schakeling in elk doosje zit.

TIP: Opdracht 1 gaat over een onderzoek dat Wietse moet uitvoeren. Wat is de onderzoeksvraag die Wietse moet beantwoorden? Wat is daarvoor een goed plan van aanpak?

2p **1** Hij heeft een regelbare gelijkspanningsbron en een stroommeter.
→ Beschrijf hoe Wietse controleert in welk doosje de diode zit.

Wietse plakt op dat doosje de sticker van de diode en neemt een van de andere twee doosjes.

Hij meet bij dat doosje de stroomsterkte bij verschillende spanningen.
Van zijn metingen maakt hij een diagram.



TIP: Bij opdracht 2 moet je een vaardigheid toepassen. Vraag jezelf af om welke vaardigheid het gaat.

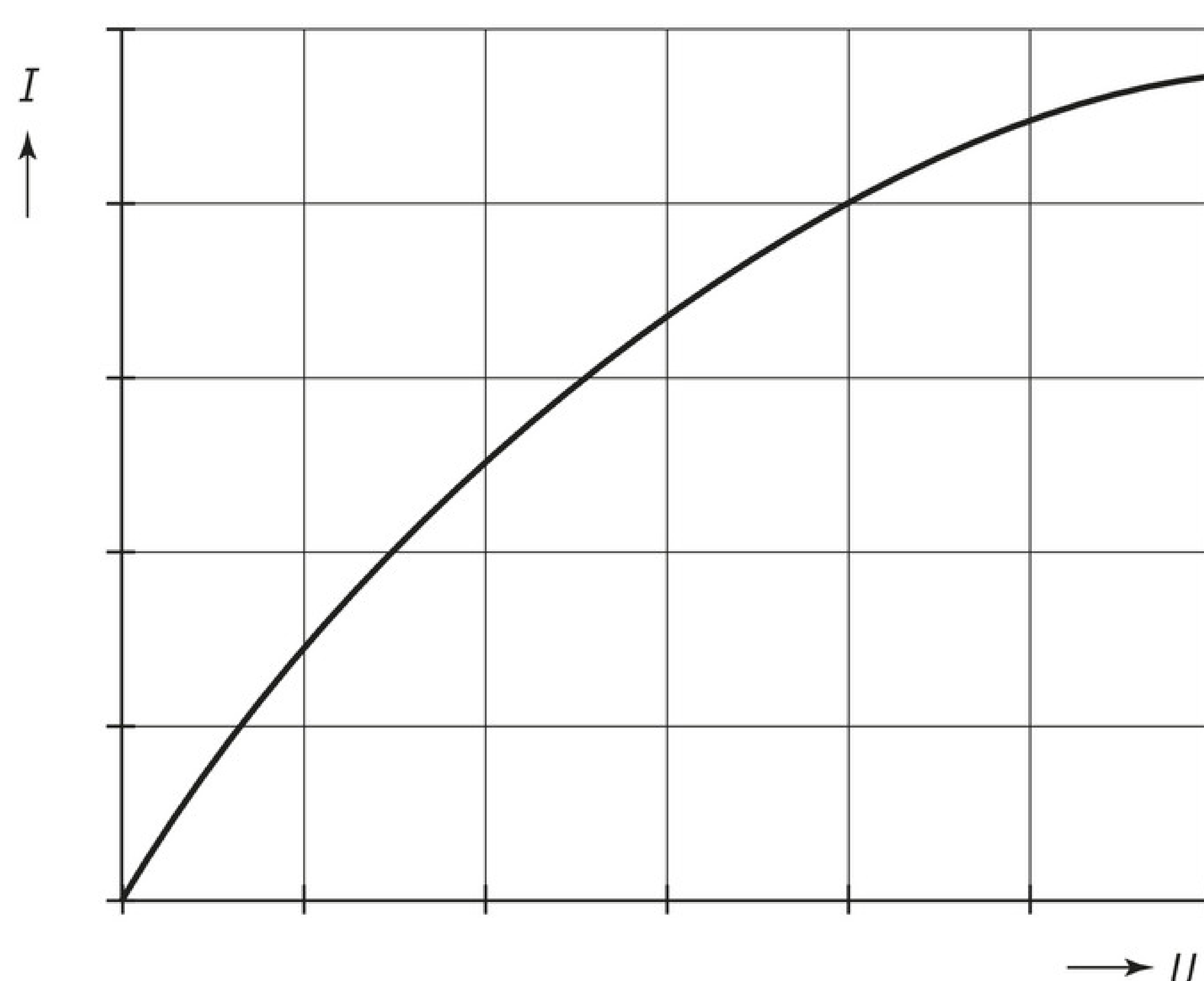
1p **2** Noteer de naam van dit verband tussen spanning en stroom.

TIP: Bij opdracht 3 moet je een berekening uitvoeren. Zoek eerst de gegevens voor deze berekening. Bedenk welk gegeven je eerst moet omrekenen.

2p **3** Wietse trekt de conclusie dat in dit doosje een weerstand zit.
→ Bereken de grootte van de weerstand in het doosje.

Wietse plakt op dit doosje de sticker van de weerstand.

2p **4** Wietse sluit dan ter controle het derde doosje aan. Hij meet de stroomsterkte bij verschillende spanningen en tekent de grafiek.



Over deze grafiek staan in de uitwerkbijlage twee zinnen.
→ Omcirkel in elke zin de juiste mogelijkheid.

Bij een tweemaal zo grote spanning is de stroomsterkte

minder dan tweemaal	**tweemaal**	**meer dan tweemaal**	zo groot.

Bij een tweemaal zo grote spanning

is de weerstand	**kleiner**	**even groot**	**groter**	.

Op het derde doosje plakt Wietse de sticker van het lampje. Daarna levert hij de doosjes in bij zijn leraar.

TIP: Bekijk de examenopdrachten 5 tot en met 8. Markeer bij elke opdracht het opdrachtwerkwoord.

Motorkraan

naar: examen 2019-I

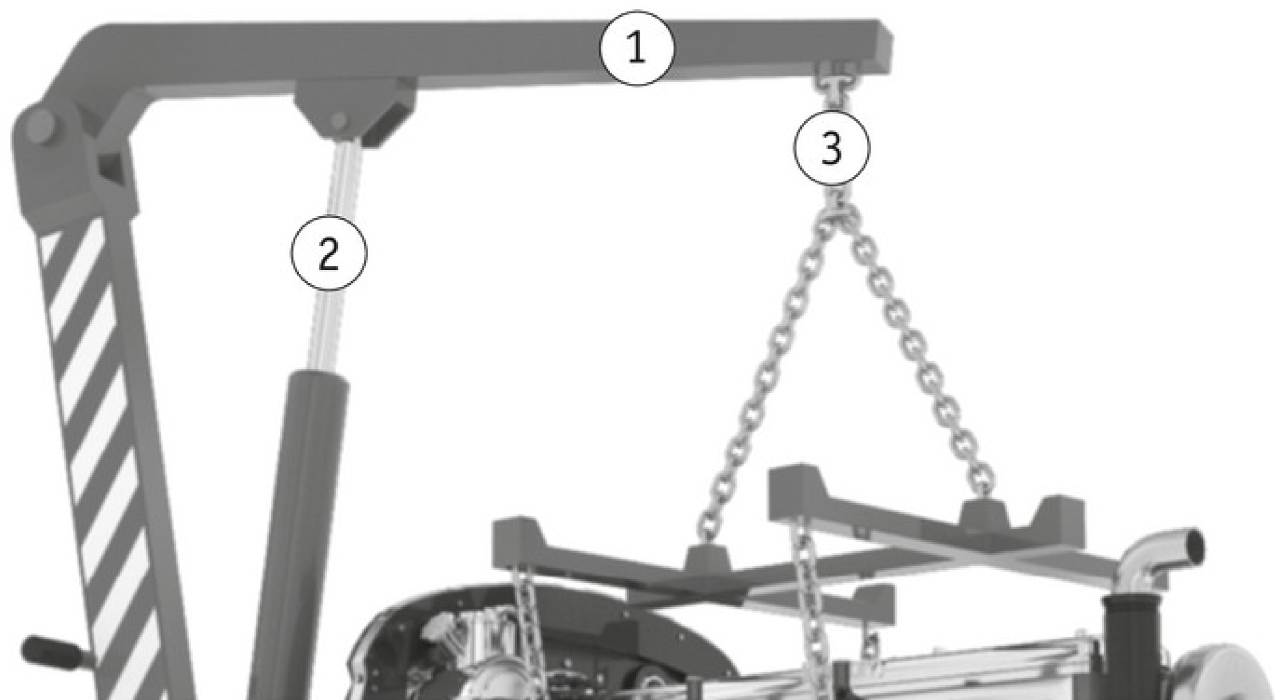
Een motor is in en uit een vrachtwagen te takelen met een motorkraan.



TIP: Opdracht 5 gaat over roesten. Je hebt in hoofdstuk 4 van *Nova* nask 1 deel 3A geleerd waardoor metalen gaan roesten. Zoek dat zo nodig op. Wat kun je doen om staal te beschermen?

1p **5** De constructie van de kraan is gemaakt van staal. Het staal is geverfd om roesten te voorkomen.
→ Noteer nog een manier om staal tegen roesten te beschermen.

2p **6** Je ziet een afbeelding van het bovenste deel van de kraan.
In de afbeelding zijn drie onderdelen genummerd:
de balk (1), de cilinder (2) en de ketting (3).



→ Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor elke plaats met een kruisje aan of er sprake is van een duwkracht, een trekkracht of duw- en trekkracht.

plaats	duwkracht	trekkracht	duw- en trekkracht
balk (1)			
cilinder (2)			
ketting (3)			

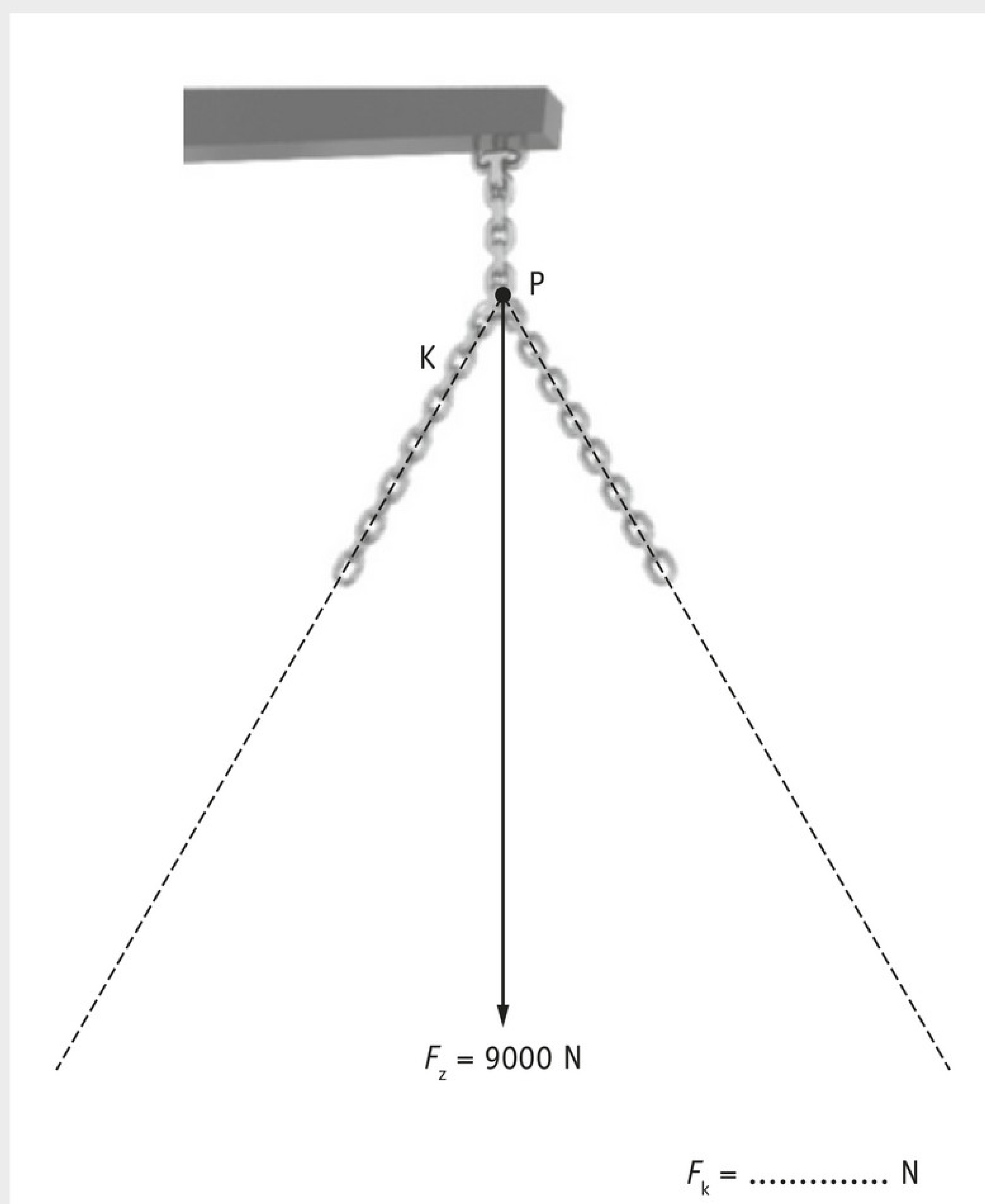
Op de uitwerkbijlage staat een afbeelding van de kraan met aan het uiteinde een motor.
De kracht van de motor op het punt P is 9000 N.

TIP: Bij opdracht 7 wordt het opdrachtwerkwoord *toon aan* gebruikt. Ga na wat je bij deze opdracht precies moet aantonen. Waar kun je de gegevens vinden die je daarvoor nodig hebt?

1p **7** De gebruikte krachtenschaal is 1,0 cm ≙ 1500 N.
→ Toon dit met een berekening aan.

TIP: Bedenk wat je moet doen bij opdracht 8. In een eerder hoofdstuk in dit boek staat hoe je dat moet aanpakken.

3p **8** Bepaal met een constructie de kracht in ketting **K** vanuit **P**. Noteer de grootte van de kracht naast de afbeelding.



3 Stap-voor-stap aanpak

Een examen maken lijkt veel op het maken van een toets. Het belangrijkste verschil is dat het examen langer duurt en over meer leerstof gaat. Daar komt bij dat er ook meer afwisseling in leerstof is. In één situatie kunnen onderwerpen uit vier of vijf verschillende hoofdstukken aan bod komen. Je moet daarom goed opletten om het overzicht te houden.

Het is handig om elke opdracht stap-voor-stap aan te pakken. Bijvoorbeeld zo:

Stap 1 Bekijk een nieuwe situatie eerst in grote lijnen.
Lees de tekst oriënterend: Wat is de situatie? Ben ik eerder al iets vergelijkbaars tegengekomen? Waar gaan de opdrachten over? Zie ik meteen over welke leerstof ze gaan?

Stap 2 Lees alle tekst zorgvuldig, niet alleen de opdracht.
Je kunt gemakkelijk dingen over het hoofd zien, als je alleen de opdracht goed leest. Lees dus ook alles wat daarvoor staat, en bekijk de afbeeldingen aandachtig.

Stap 3 Markeer de belangrijkste informatie met verschillende kleuren.
- Gebruik kleur 1 voor het gebruikte opdrachtwerkwoord (als dat er is).
- Gebruik kleur 2 voor de grootheid waarover de opdracht gaat.
- Gebruik kleur 3 voor de gegevens: grootheid, getal én eenheid.

Let op: je gebruikt de kleuren 2 (grootheid) en 3 (gegevens) vooral bij opdrachten waarbij je iets moet berekenen, aantonen of bepalen. Bij veel andere opdrachten heb je deze kleuren niet nodig.

Bij opdracht 2 van de volgende examenopdrachten is dit al een keer voorgedaan.
kleur 1: groen – opdrachtwerkwoord
kleur 2: blauw – grootheid
kleur 3: geel – gegevens
Je kunt bij het markeren natuurlijk ook je eigen kleuren kiezen, maar zorg ervoor dat je steeds dezelfde kleur per soort gebruikt.

Stap 4 Bedenk wat je over het onderwerp hebt geleerd.
Een examenopdracht gaat over leerstof die je eerder hebt gehad. Ergens in de elf examenhoofdstukken van *Nova* staat de informatie die je nodig hebt om de opdracht te maken. Bedenk wat die informatie is.

Stap 5 Beslis hoe je de opdracht aanpakt.
Combineer alles wat je te weten bent gekomen. Kijk naar het opdrachtwerkwoord, kijk naar wat er wordt gevraagd en ga na wat je daarover hebt geleerd. Beslis daarna wat je gaat doen.

Stap 6 Werk de opdracht uit.
Noteer, vul in, omcirkel of kruis aan wat volgens jou het juiste antwoord is. Zorg ervoor dat het resultaat goed leesbaar is.

Stap 7 Controleer je antwoord.
Kijk nog een keer: Heb je alles juist ingevuld, aangekruist of omcirkeld? Is de berekening compleet? Staat de juiste eenheid achter het getal? Heb je een antwoord gegeven op de vraag? Enzovoort.

EXAMENOPDRACHTEN

TIP: Bekijk de examenopdrachten 1 tot en met 4. Markeer bij elke opdracht het opdrachtwerkwoord.

Schakeling doormeten

naar: examen 2019-I

Marlou en Luuk sluiten een weerstand aan op een variabele spanningsbron.
Ze willen de spanning over en de stroom door een weerstand meten.

Je ziet een afbeelding van hun opstelling.



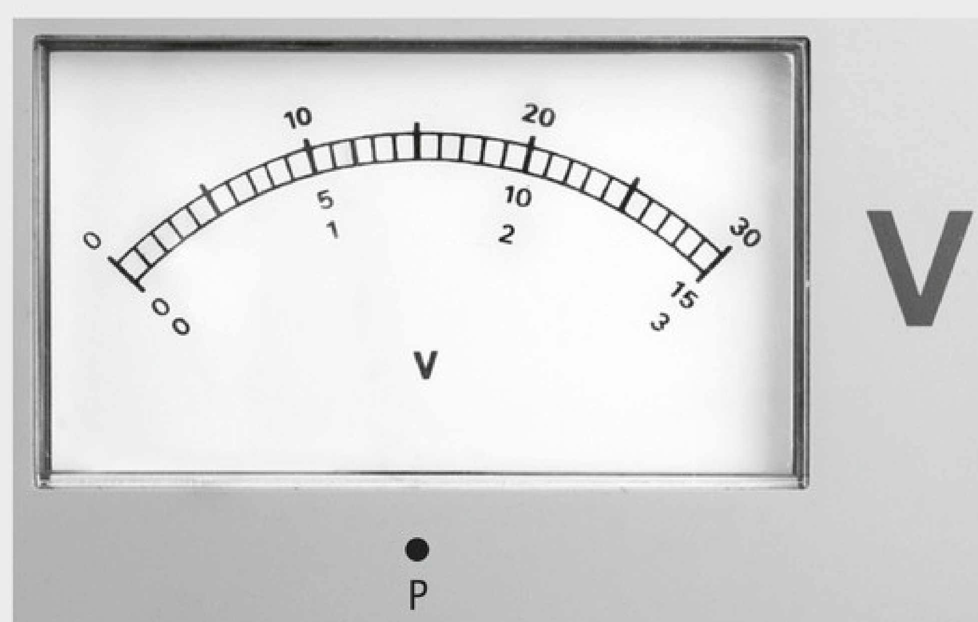
Marlou sluit de spanningsmeter aan. Dan stelt zij de spanningsbron in op 2,0 V.

TIP: Bekijk opdracht 1 eens goed. Hoeveel opdrachtwerkwoorden kun je markeren?

2p **1** Luuk meet de spanning zo nauwkeurig mogelijk.
Je ziet op de uitwerkbijlage een afbeelding met de aansluitingen voor het meetbereik en de schaalverdeling van de spanningsmeter.
→ Kruis het juiste meetbereik aan **en** teken de wijzer op de schaalverdeling vanuit P in de juiste stand.



aansluitingen meetbereik



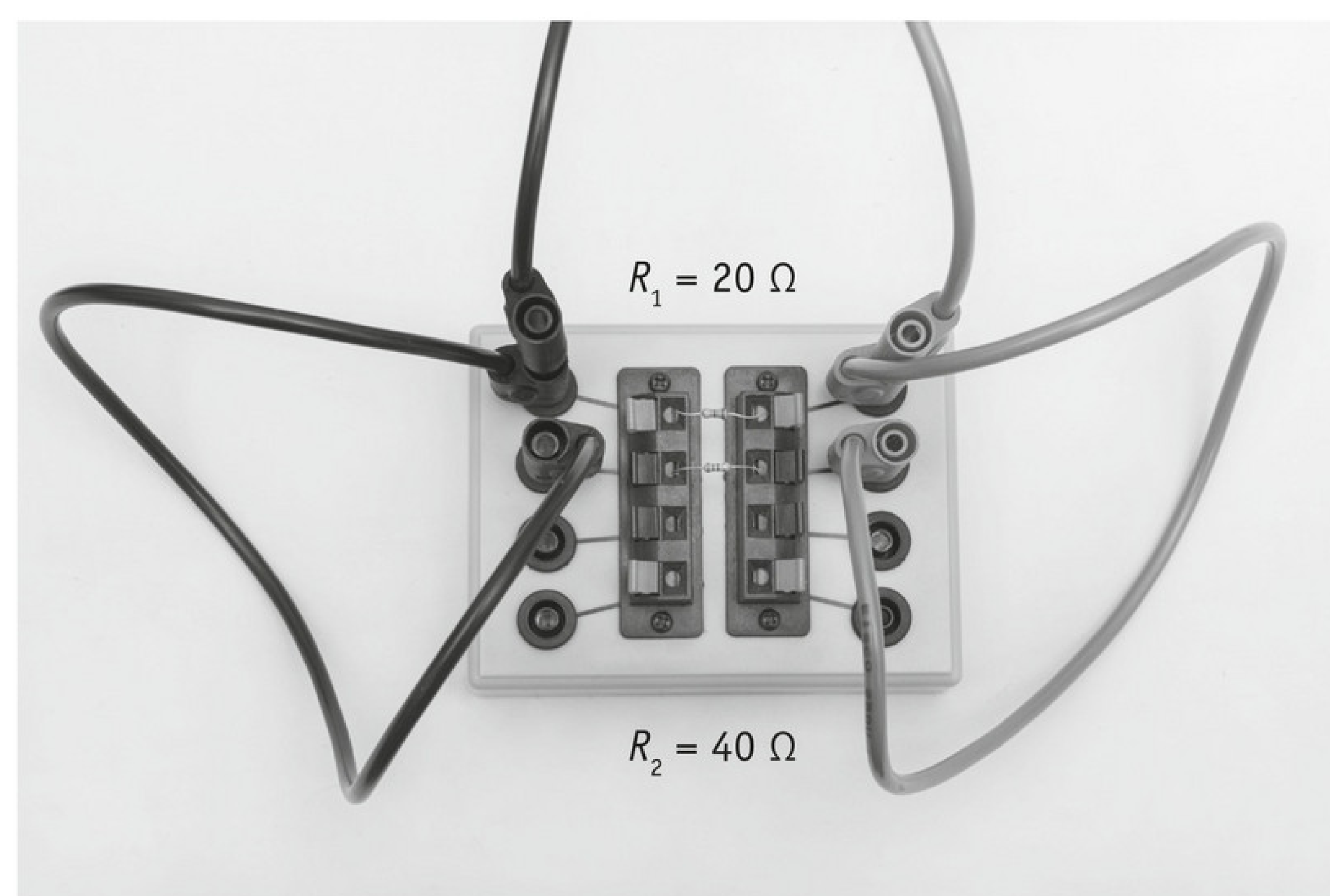
schaalverdeling

TIP: Bij opdracht 2 moet je een berekening uitvoeren. Welke grootheid moet je berekenen? Waar staan de gegevens die je daarvoor nodig hebt? Wat valt je op aan die gegevens?

2p **2** Luuk meet met een stroommeter een stroomsterkte van 25 mA.
→ Bereken de grootte van de weerstand die is aangesloten.

Marlou neemt twee andere weerstanden en sluit die aan.

Je ziet een afbeelding van deze situatie met de grootte van elke weerstand.



TIP: Bij opdracht 3 moet je de vervangingsweerstand berekenen. In Binas tabel 12 vind je daarvoor verschillende formules. Hoe kun je nagaan welke formule je moet gebruiken?

2p **3** Bereken de vervangingsweerstand van de weerstanden R_1 en R_2.

1p **4** Vergelijk de spanning over en de stroomsterkte door R_2 met de spanning over en de stroomsterkte door R_1.
→ Omcirkel in elke zin op de uitwerkbijlage de juiste mogelijkheid.

De spanning over R_2 is

even groot als
groter dan
kleiner dan

de spanning over R_1.

De stroomsterkte door R_2 is

even groot als
groter dan
kleiner dan

de stroomsterkte door R_1.

TIP: Bekijk de examenopdrachten 5 tot en met 13. Markeer bij elke opdracht het opdrachtwerkwoord, als dat er is.

Water warmer

naar: examen 2019-I

Doede en Emiel onderzoeken tijdens de natuurkundeles het verband tussen energie en temperatuur. Zij gebruiken bij de meting een energiemeter en een thermometer. In een dubbelwandig theeglas zetten zij de thermometer en een dompelaar als verwarmingselement.



de opstelling voor de proef

Doede schenkt 250 mL water in een dubbelwandig theeglas.

TIP: Bij opdracht 5 kun je gebruikmaken van Binas tabel 1 en 2. Ga na of je de opdracht kunt maken met de informatie die daarin staat.

1p **5** Je ziet op de uitwerkbijlage twee zinnen over deze hoeveelheid water.
→ Noteer in elke zin het ontbrekende getal.

Het volume van deze hoeveelheid water is ________ dm^3.

De massa van deze hoeveelheid water is ________ kg.

TIP: Lees opdracht 6 zorgvuldig. Als je het antwoord niet weet, kun je de informatie opzoeken in dit boek.

1p **6** Emiel hangt de dompelaar in het water van het theeglas. Aan het snoer van de dompelaar zit een stekker met randaarde.
Wanneer schakelt de aardlekschakelaar de spanning over de dompelaar uit?
A als de fasedraad de nuldraad raakt
B als de fasedraad het metaal van de dompelaar raakt
C als de stroomsterkte door de dompelaar te groot is
D als de weerstand van de dompelaar te groot is

Emiel sluit de dompelaar via een energiemeter aan op netspanning (230 V).

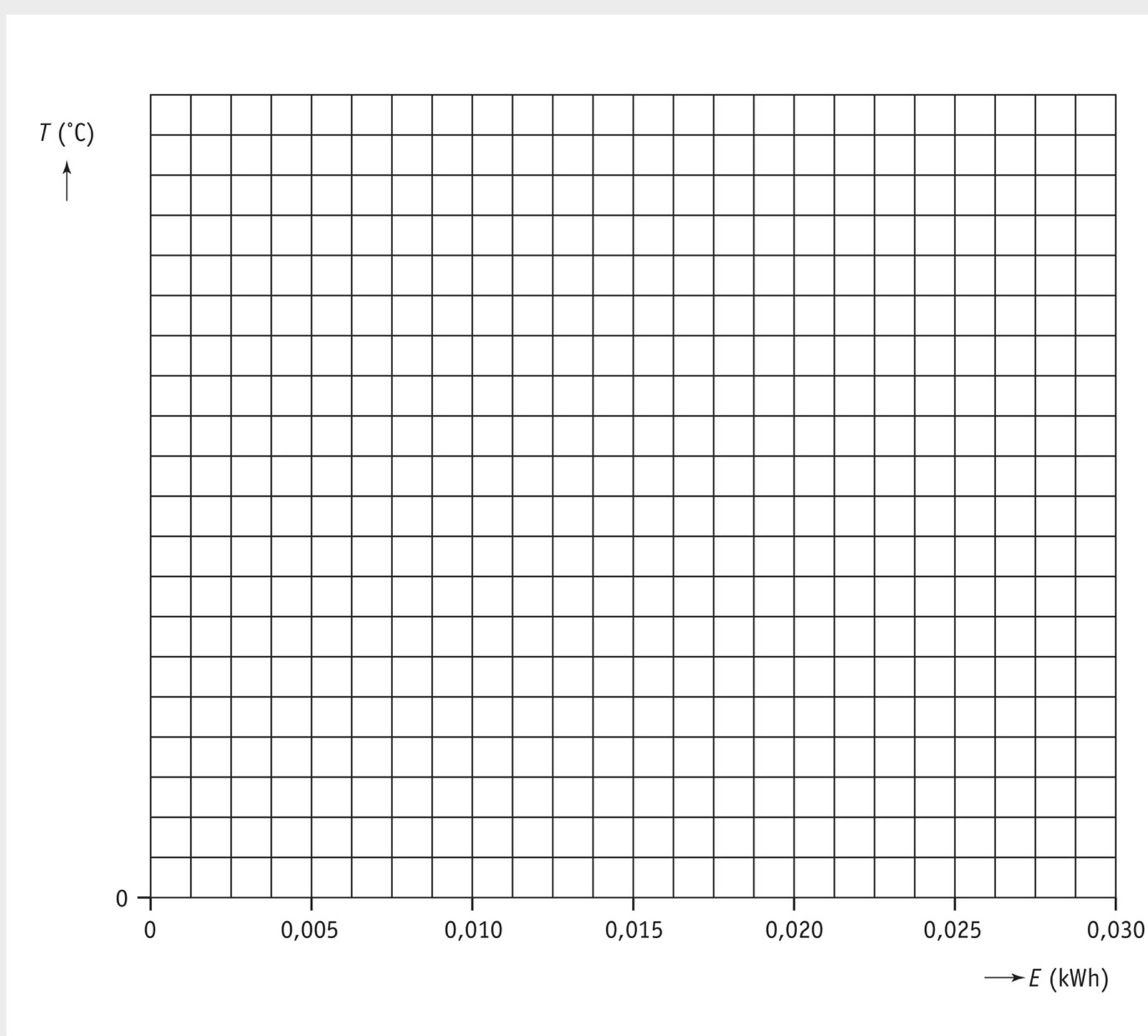
1p **7** In de dompelaar zit een gloeispiraal. Via een laag samengeperst poeder geeft die zijn warmte af aan het metaal van de dompelaar.
Door welke vorm van warmtetransport wordt het metaal van de dompelaar warm?
A geleiding
B straling
C stroming

Emiel start de tijd en leest elke minuut op de energiemeter het energiegebruik af. Doede meet met een thermometer de temperatuur van het water. Je ziet een tabel met hun meetresultaten.

***E* (kWh)**	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030
***T* (°C)**	16	29	44	60	72	85	100

TIP: Bij opdracht 8 maak je gebruik van een vaardigheid. Als je niet weet hoe je de opdracht moet aanpakken, kun je de vaardigheid terugvinden in dit boek.

3p **8** Zet in het diagram op de uitwerkbijlage alle meetpunten uit en teken de grafiek.



1p **9** Wat is de naam van het wiskundige verband tussen temperatuur en energie?

A evenredig
B lineair
C omgekeerd evenredig

1p **10** De begintemperatuur van het water is 16 °C.
Wat is deze temperatuur in K?

A −257 K
B −289 K
C 257 K
D 289 K

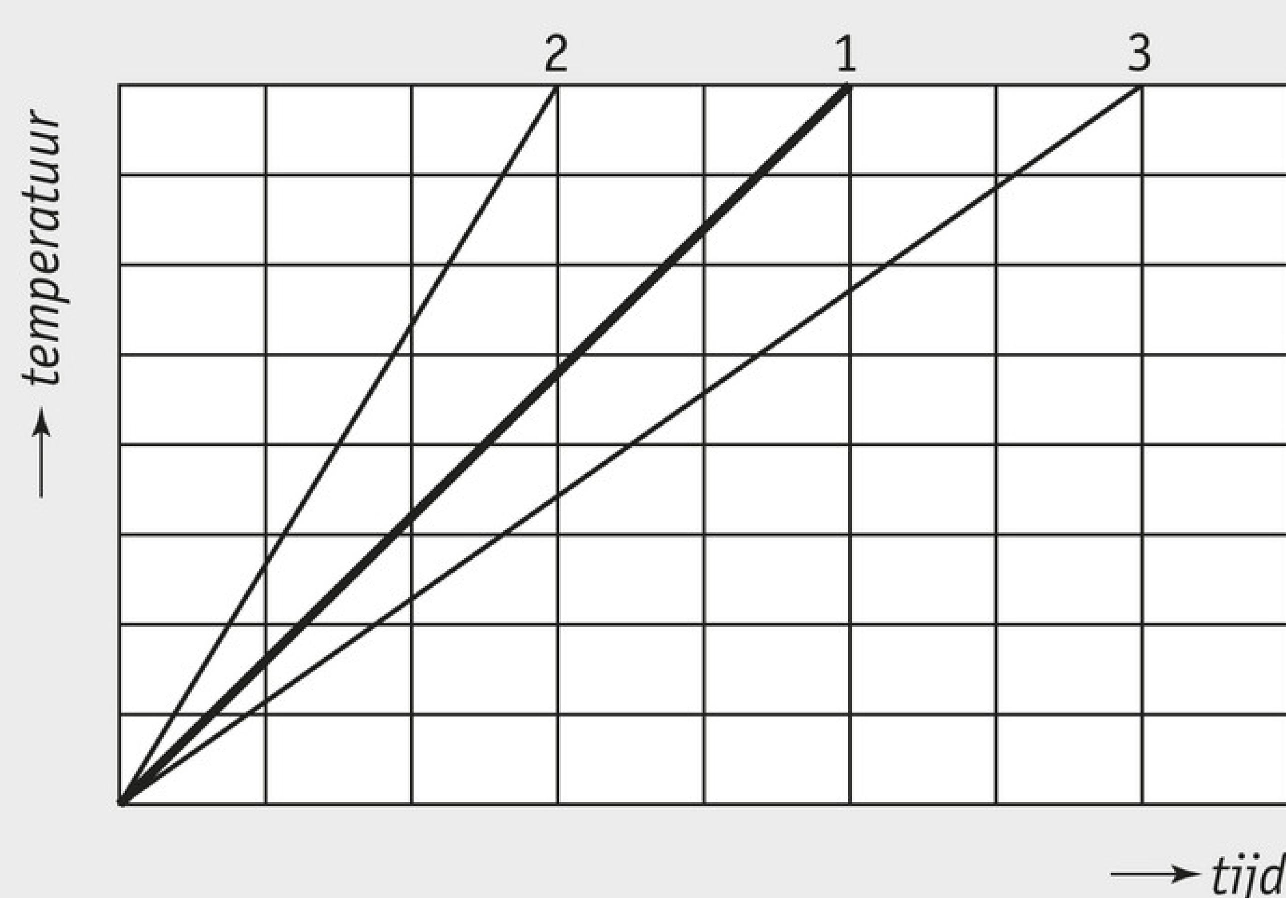
1p **11** Noteer de reden waarom het water tijdens de proef niet warmer wordt dan 100 °C.

TIP: Markeer bij opdracht 12 de grootheid die je moet berekenen en met een andere kleur de gegevens die je daarvoor nodig hebt.

1p **12** De dompelaar zet 0,030 kWh (108 kJ) aan elektrische energie om bij het verwarmen tot 100 °C. Het water heeft dan 88 kJ energie opgenomen.
Hoeveel procent van de energie gaat verloren?

A 12%
B 19%
C 81%
D 88%

1p **13** Doede en Emiel herhalen de proef nog twee keer.
Bij de tweede proef gebruiken ze een dompelaar met een groter vermogen. Bij de derde proef vullen ze het theeglas met meer water.
Op de uitwerkbijlage staat het diagram met de grafieken die ze tekenen van de temperatuur tegen de tijd.
Over deze grafieken staan twee zinnen.
→ Omcirkel in elke zin de juiste mogelijkheid. Grafiek 1 hoort bij de eerste proef.



Bij een dompelaar met een groter vermogen krijgen ze grafiek | **2** | **3** | .

Bij een grotere hoeveelheid water krijgen ze grafiek | **2** | **3** | .

4 Werken met Binas

Binas is een belangrijk hulpmiddel op het examen. Soms staat in een opdracht dat je Binas nodig hebt, zoals in de opdracht in afbeelding 3. Het smeltpunt van ijzer vind je in Binas tabel 15 *Gegevens van enkele vaste stoffen.* Je moet er wel zelf achter komen dat je in tabel 15 moet kijken. Dat staat niet in de opdracht.

2p **7** In de ijzeren melkbus wordt tijdens de verbranding een temperatuur bereikt van 700 °C.
→ Bereken hoeveel graden Celsius deze temperatuur onder het smeltpunt van ijzer ligt. Gebruik BINAS.

afbeelding 3 Een examenopdracht (examen 2017 tijdvak 1).

Soms moet je zelf bedenken dat je een gegeven in Binas moet opzoeken. In afbeelding 4 staat een voorbeeld. Om de massa van het kaarsje te kunnen berekenen, heb je de dichtheid van paraffine nodig. Maar die dichtheid staat nergens in het examen vermeld. Je kunt de dichtheid wel vinden in Binas tabel 15 *Gegevens van enkele vaste stoffen.* Daar moet je dan zelf opkomen.

Het kaarsje is gemaakt van paraffine.

3p **3** Het kaarsje heeft een volume van 32 cm^3.
→ Bereken de massa van het kaarsje.

afbeelding 4 Een examenopdracht (examen 2021 tijdvak 2).

Er zijn ook opdrachten waarbij Binas misschien niet nodig maar wel heel handig is. Een voorbeeld zie je in afbeelding 5. Als je hoofdstuk 4 *Stoffen* goed hebt geleerd, kun je deze opdracht waarschijnlijk wel zonder Binas maken. Maar met Binas erbij gaat het veel gemakkelijker. In Binas tabel 31 en tabel 39 staan alle gevarensymbolen, met een uitleg van hun betekenis.

1p **7** Je ziet een tabel over stoffen die vrijkomen bij het werken met asfalt.

stof	kans op
asfaltrook	hoofdpijn, irritaties van ogen en luchtwegen, huid-aandoeningen (roodheid, prikkeling)
'grof stof'	irritatie van ogen en luchtwegen
organische oplosmiddelen (reiniging)	duizeligheid, irritatie van de huid

Welk veiligheidspictogram hoort bij deze tabel?


A


B


C


D


E

afbeelding 5 Een examenopdracht (examen 2019 tijdvak 2).

Als je de weg weet in Binas, kan dat je op het examen heel wat punten opleveren. Veel opdrachten worden gemakkelijker als je Binas erbij pakt. Heb je een formule nodig? Kijk in tabel 7 tot en met 12. Moet je een schakelschema tekenen? Pak tabel 14 erbij. Gaat een opdracht over het rendement van een energieomzetting? Controleer je antwoord met tabel 18.

Op het examen heb je geen tijd om lang in Binas te zoeken. Je moet snel de juiste tabel kunnen vinden. Hoe vaker je Binas gebruikt, hoe gemakkelijker dat gaat. Dus: wees verstandig, gebruik Binas.

EXAMENOPDRACHTEN

TIP: Bekijk de opdrachten 1 tot en met 5. Markeer bij elke opdracht het opdrachtwerkwoord, als dat er is.

Zaklampje

naar: examen 2018-I

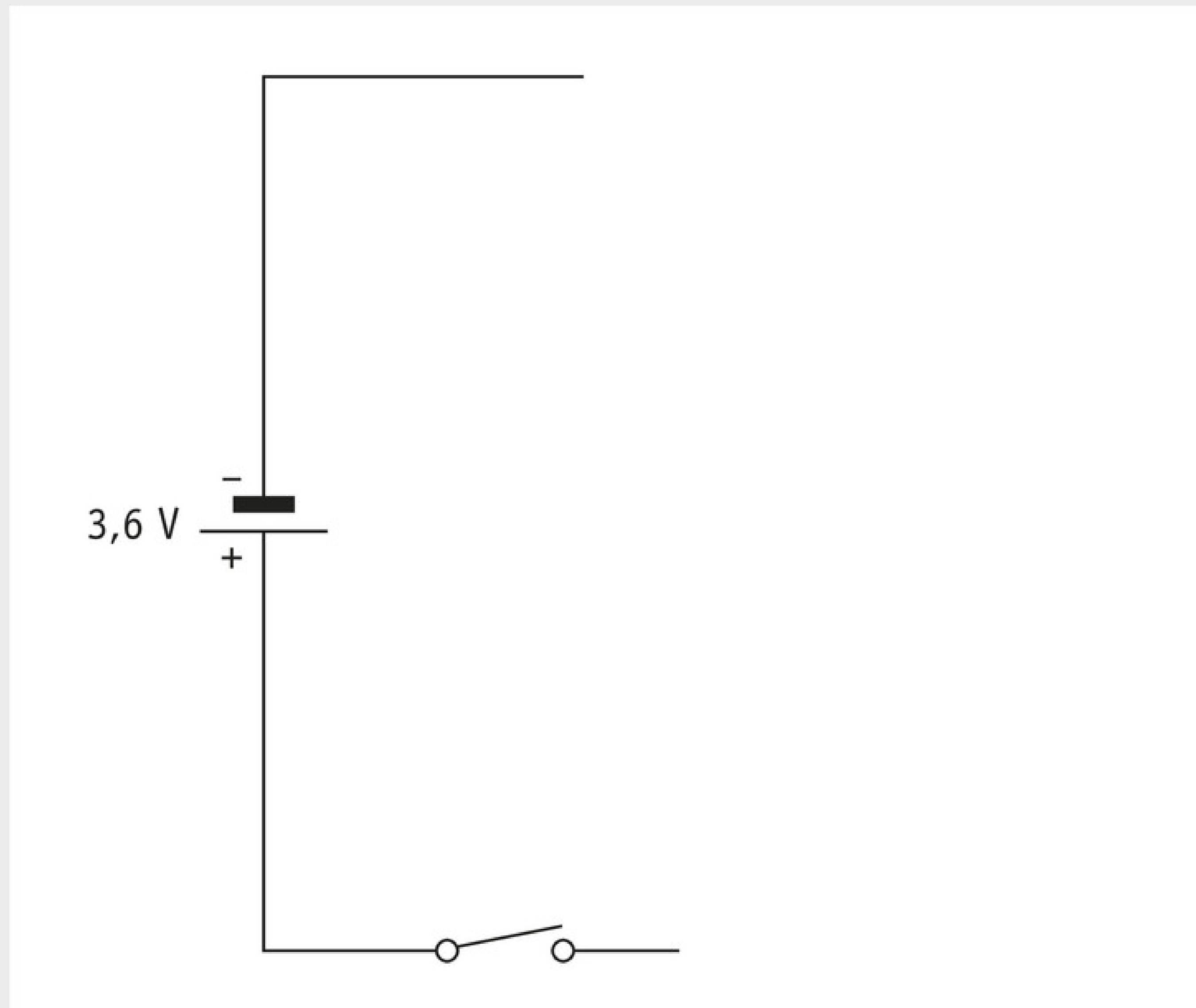
Er is een zaklampje dat je kunt laten werken met een ingebouwde dynamo. In het zaklampje zit ook een accu.



2p **1** De accu kun je opladen door aan een slinger te draaien waarmee je een kleine dynamo aandrijft.
→ Noteer de twee onderdelen in een dynamo die nodig zijn om elektrische energie op te wekken.

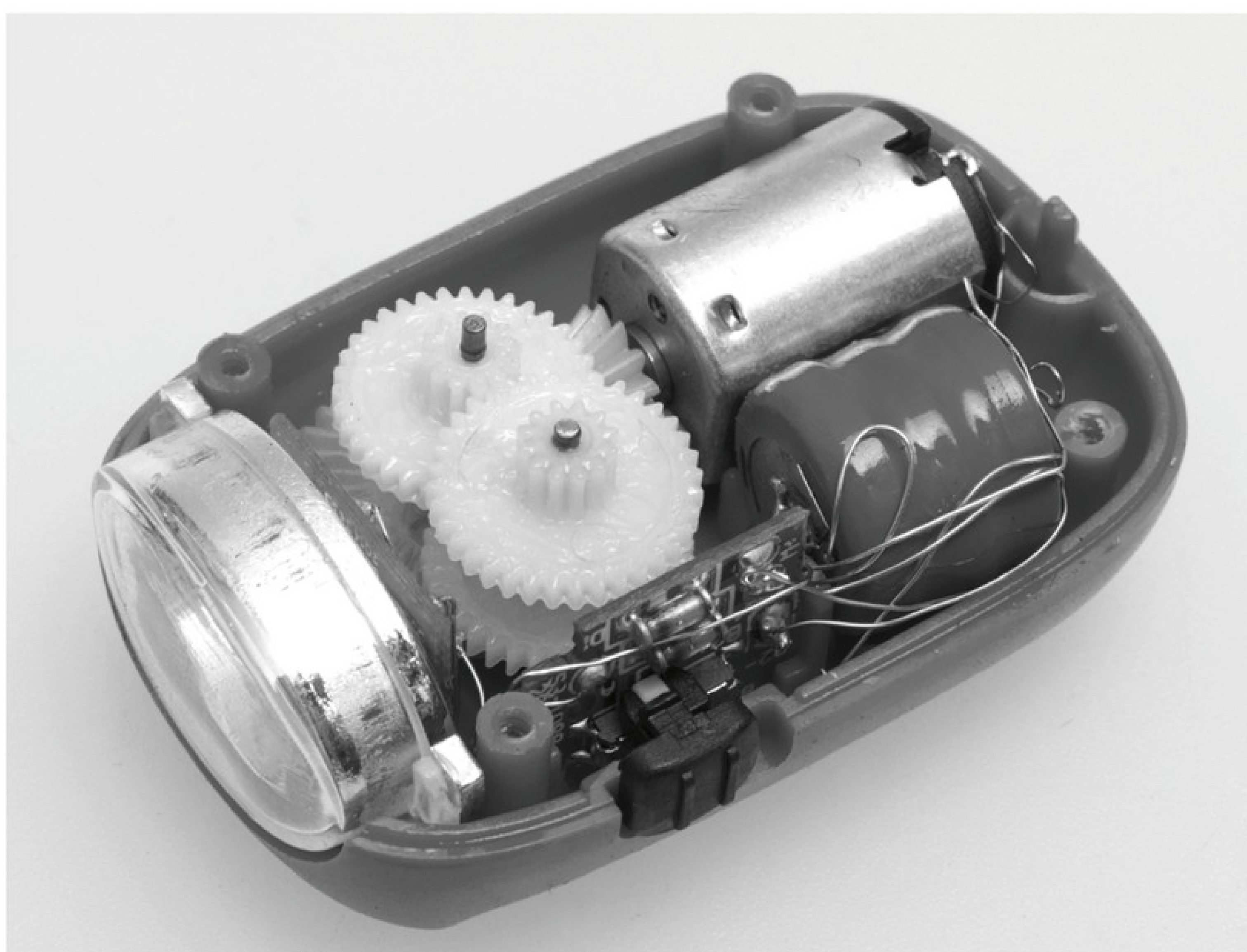
TIP: Welk onderdeel moet je tekenen bij opdracht 2? Ga na in welke tabel van Binas het schakelsymbool voor dit onderdeel staat.

2p **2** Het zaklampje heeft twee leds. Elke led werkt op een spanning van 3,6 V. Je ziet op de uitwerkbijlage een deel van het schakelschema.
→ Maak het schakelschema compleet met de twee leds.

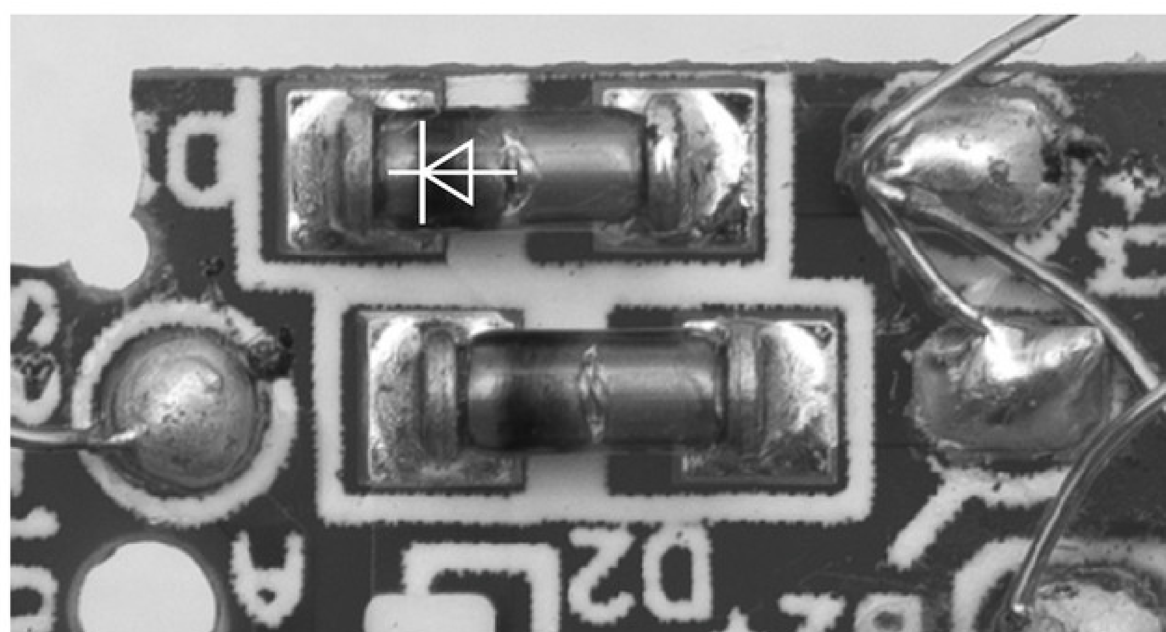


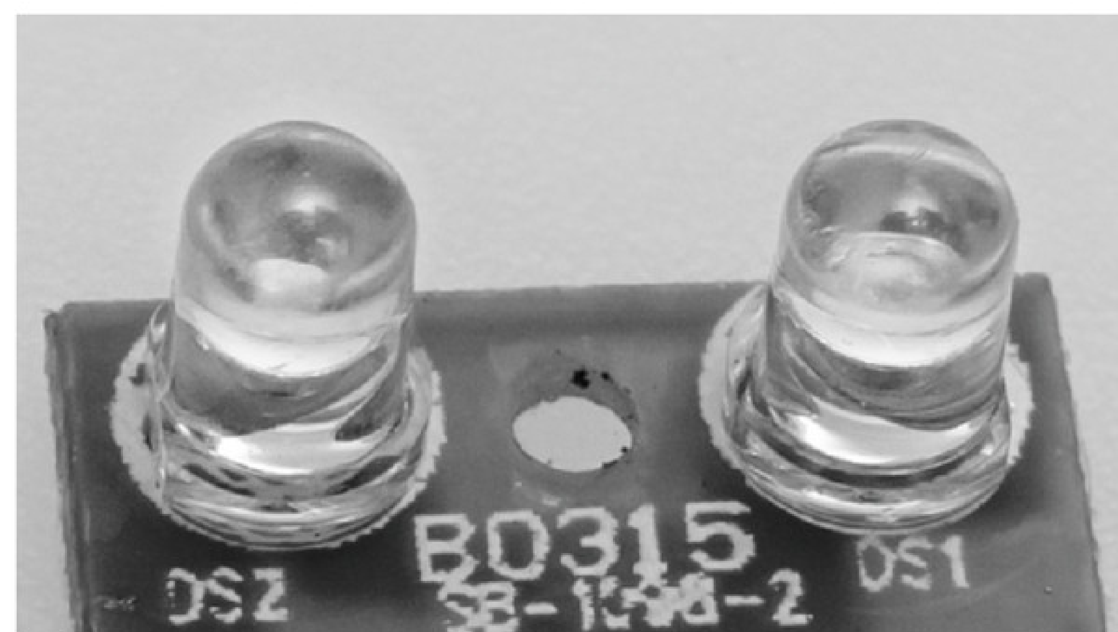
TIP: In de foto's bij opdracht 3 is één keer een schakelsymbool getekend. Zoek zo nodig op wat de betekenis van dit schakelsymbool is.

1p **3** Je ziet een afbeelding van het opengemaakte zaklampje.



Je ziet vier afbeeldingen van een aantal onderdelen.









Welke onderdelen zijn dat?

A accu, diode, leds, motor
B accu, diode, dynamo, leds
C accu, dynamo, leds, weerstand
D diode, leds, motor, weerstand

TIP 1: Markeer bij opdracht 4 de grootheid die je moet berekenen en met een andere kleur de gegevens die je daarvoor nodig hebt.
TIP 2: Zoek in Binas de formule op die je nodig hebt. Had je moeite om de juiste formule te vinden en zo ja, hoe kwam dat?

2p **4** De capaciteit van de opgeladen accu is 20 mAh. Zet je het zaklampje aan, dan levert de accu een stroom van 8,0 mA.
→ Bereken de tijd die het zaklampje op een volle accu kan branden.

TIP: Het antwoord op opdracht 5 kun je in Binas vinden. Om welke tabel gaat het?

2p **5** Op de verpakking van het zaklampje staan twee pictogrammen.
→ Noteer op de uitwerkbijlage onder elk pictogram de juiste betekenis.



TIP: Bekijk de opdrachten 6 tot en met 8. Markeer bij elke opdracht het opdrachtwerkwoord, als dat er is.

Aanrecht

naar: examen 2019-I

Jorike en Flip kopen een nieuwe keuken. In een showroom bekijken ze verschillende aanrechtbladen.



2p **6** Flip staat bij een eikenhouten aanrechtblad met een metalen spoelbak. Hij legt zijn linkerhand op het aanrechtblad en zijn rechterhand op de spoelbak.
→ Noteer welk materiaal kouder aanvoelt en geef daarvan de reden.

TIP: Het antwoord op opdracht 7 kun je opzoeken. Hoeveel tijd heb jij nodig om de juiste tabel in Binas te vinden? Waarom is het belangrijk dat je dat snel kunt doen?

1p **7** Jorike vraagt de verkoper met welk schoonmaakmiddel ze de metalen spoelbak moet schoonmaken. Volgens de verkoper mag het middel niet corrosief zijn.
Welk van de volgende pictogrammen geeft aan dat een stof corrosief is?


A


B


C


D


E

TIP: Bij opdracht 8 mag je het eens zijn met Jorike, maar ook oneens. Het gaat erom dat je een goede uitleg geeft bij je eigen mening.

2p **8** In de showroom staat ook een volledig metalen aanrechtblad.
Jorike zegt dat elektrische apparaten op het aanrecht staan. Ze vindt daarom een metalen aanrecht minder veilig dan een aanrecht met een blad van graniet of eikenhout.
→ Leg uit of je het met Jorike eens bent.

Vaardigheden

WERKEN MET GEGEVENS
Bij het vak natuur- en scheikunde gaat het niet alleen om kennis (wat je weet), maar ook om vaardigheden (wat je kunt). Belangrijke vaardigheden zijn proeven doen, metingen uitvoeren, berekeningen maken, grafieken tekenen en verbanden herkennen. In dit onderdeel van de methode leer je daar meer over.



1 Een onderzoek doen

Door een onderzoek te doen, kun je meer te weten komen over een verschijnsel uit de natuurkunde of scheikunde. Bij zo'n onderzoek ga je stap voor stap te werk.

Stap 1 **Bedenk een onderzoeksvraag.**
Soms staat de onderzoeksvraag al in de opdracht vermeld. Dan kun je die gewoon overnemen. Soms mag je zelf een onderzoeksvraag bedenken. Wees daarbij niet te gauw tevreden. Kies een vraag waarbij je zelf al een idee hebt hoe je aan het antwoord kunt komen. Stel die vraag zó dat iedereen de vraag kan begrijpen.

VOORBEELD
Jermaine heeft als onderzoeksvraag gekozen:
Welk deel van de energie van een stuiterende bal gaat tijdens het stuiteren verloren?

Jermaine wil de zwaarte-energie van de bal berekenen, voor en na het stuiteren. Hij weet dat hij de beweging van de bal kan vastleggen met een videocamera.
Hij heeft bedacht dat hij een meetlat op de achtergrond mee kan filmen. Zo kan hij de beginhoogte en de terugstuithoogte nauwkeurig bepalen. Verder heeft hij ook de massa van de bal nodig. Die kan hij eenvoudig meten met een weegschaal of een balans.

Stap 2 **Maak een werkplan.**
In je werkplan (afbeelding 1) moet je de volgende vragen beantwoorden:
- Welke materialen en apparatuur heb je nodig?
- Welke opstelling ga je bouwen (maak een tekening)?
- Welke grootheden ga je meten?
- Hoe ga je je meetresultaten verwerken:
  - Welke formules heb je nodig?
  - Maak je een tabel?
  - Maak je ook een grafiek?

Stap 3 **Voer metingen uit.**
Je bouwt nu je opstelling en voert de metingen uit. Schrijf al je metingen geordend op, bijvoorbeeld in een tabel. Zie de vaardigheden 4 *Werken met meetinstrumenten* en 8 *Werken met tabellen en grafieken*.

Stap 4 **Verwerk de gegevens.**
Gebruik nu de formule(s) die je nodig hebt en maak daarmee de berekeningen om je antwoord te vinden. Soms kun je je meetresultaten in een grafiek weergeven. Zie de vaardigheden 8 *Werken met tabellen en grafieken* en 9 *Verbanden meten*.

Stap 5 **Trek conclusies.**
Als alles goed is gegaan, kun je nu conclusies trekken. Geef een antwoord op je onderzoeksvraag. Vraag je ook af of er in je metingen onnauwkeurigheden kunnen zitten, waardoor je misschien een verkeerd antwoord op de onderzoeksvraag hebt gegeven. Zou je die onnauwkeurigheden kunnen verkleinen?

Stap 6 **Maak een onderzoeksverslag.**
Tot slot maak je van je onderzoek een onderzoeksverslag. Zie vaardigheid 10 *Een onderzoeksverslag maken*.

WERKPLAN **Jermaine Verrips**
Onderzoek: meten welk deel van de energie verloren gaat bij het stuiteren van een bal

Meten

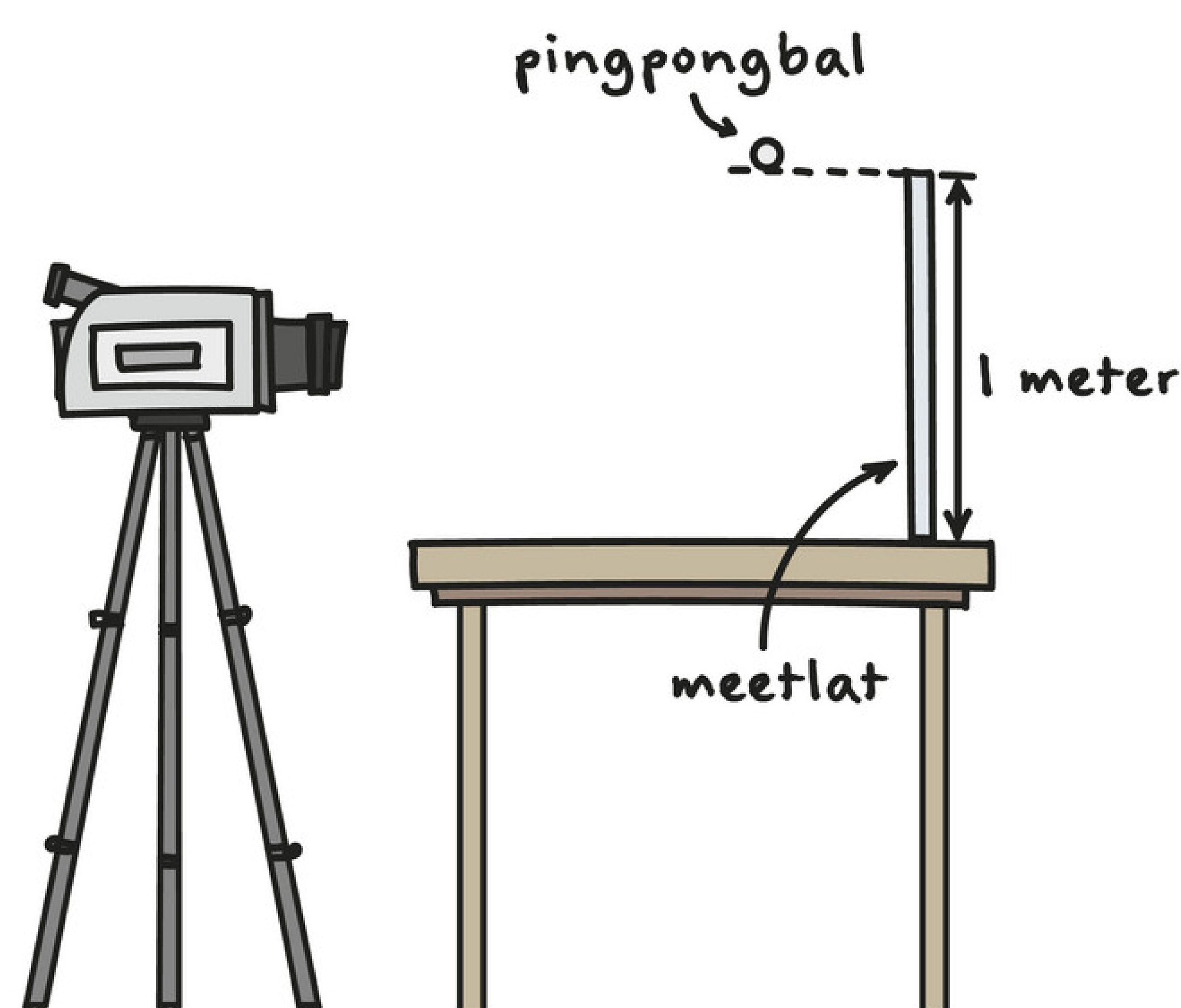
Ik wil de volgende grootheden meten:
- de hoogte *h* van de bal, voor en na het stuiteren;
- de massa *m* van de bal.

Materialen en apparatuur

Ik heb nodig:
- pingpongbal
- meetlat
- videocamera op driepoot
- computer
- weegschaal

Opstelling

Dit is de opstelling die ik ga maken:



Ik laat het balletje een paar keer stuiteren en maak ondertussen opnames met de videocamera. Ik bekijk daarna de video-opnames op de computer.

Ik bepaal de beginhoogte en de terugstuithoogte met behulp van de meetlat achter het balletje. Ik bepaal de massa van het balletje met de weegschaal.

Formules

Ik gebruik de formule $E_z = m \cdot g \cdot h$ om de zwaarte-energie te berekenen voor en na het stuiteren.

afbeelding 1 Jermaines werkplan.

2 Schakelingen bouwen

Bij sommige proeven bouw je een schakeling aan de hand van een schakelschema. In zo'n schakelschema staan verschillende schakelsymbolen. In *BINAS* tabel 14 *Elektrotechnische symbolen* vind je een overzicht van de symbolen met hun betekenis.

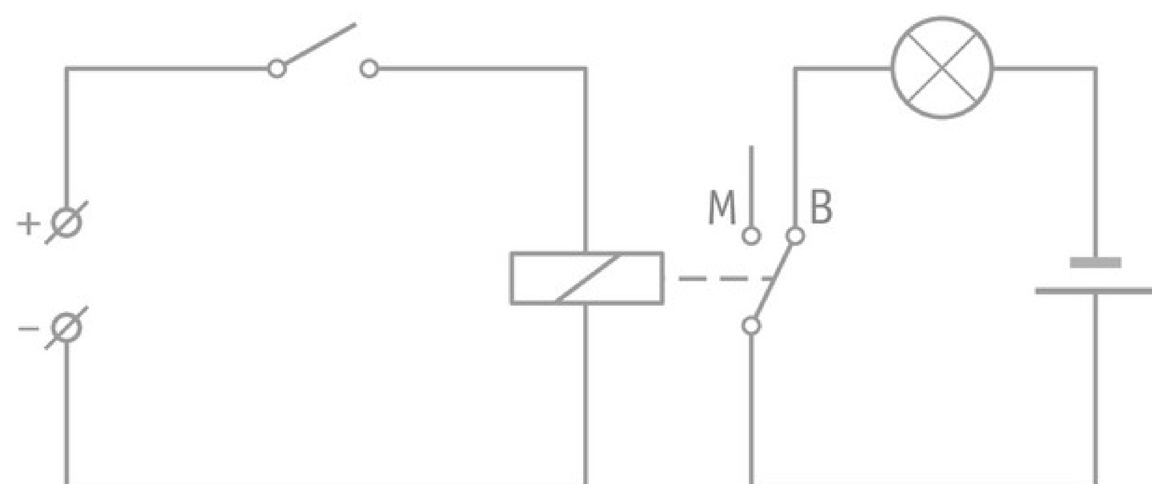
Je kunt een schakeling het best stap voor stap opbouwen. In afbeelding 2 zie je hoe je daarbij te werk kunt gaan.

- Maak eerst de stroomkring met het voedingskastje en het relais. Begin bij de pluspool van het voedingskastje. Sluit de schakelaar aan tussen het voedingskastje en het relais. Verbind de andere aansluiting van het relais met de minpool van het voedingskastje.

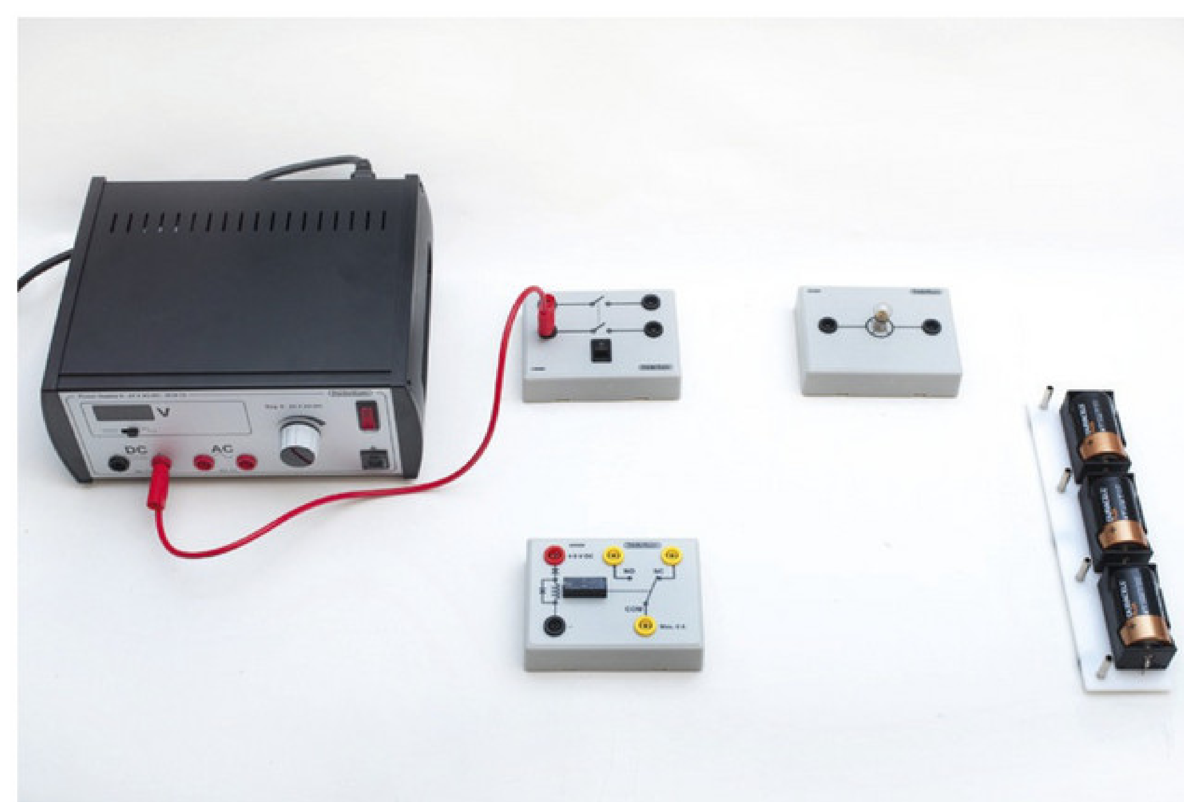
- Maak daarna de tweede stroomkring, met de batterij en het lampje. Begin bij de pluspool van de batterij. Werk ook nu weer stap voor stap, tot je weer terug bent bij de minpool van de batterij.

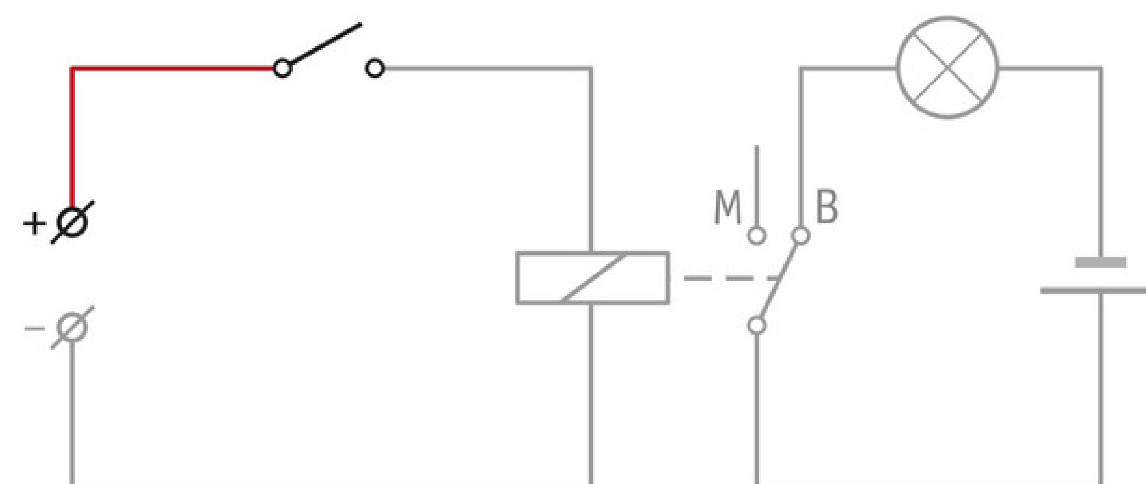
- Controleer nog één keer of je schakeling klopt met het schakelschema, voordat je verdergaat met de proef.



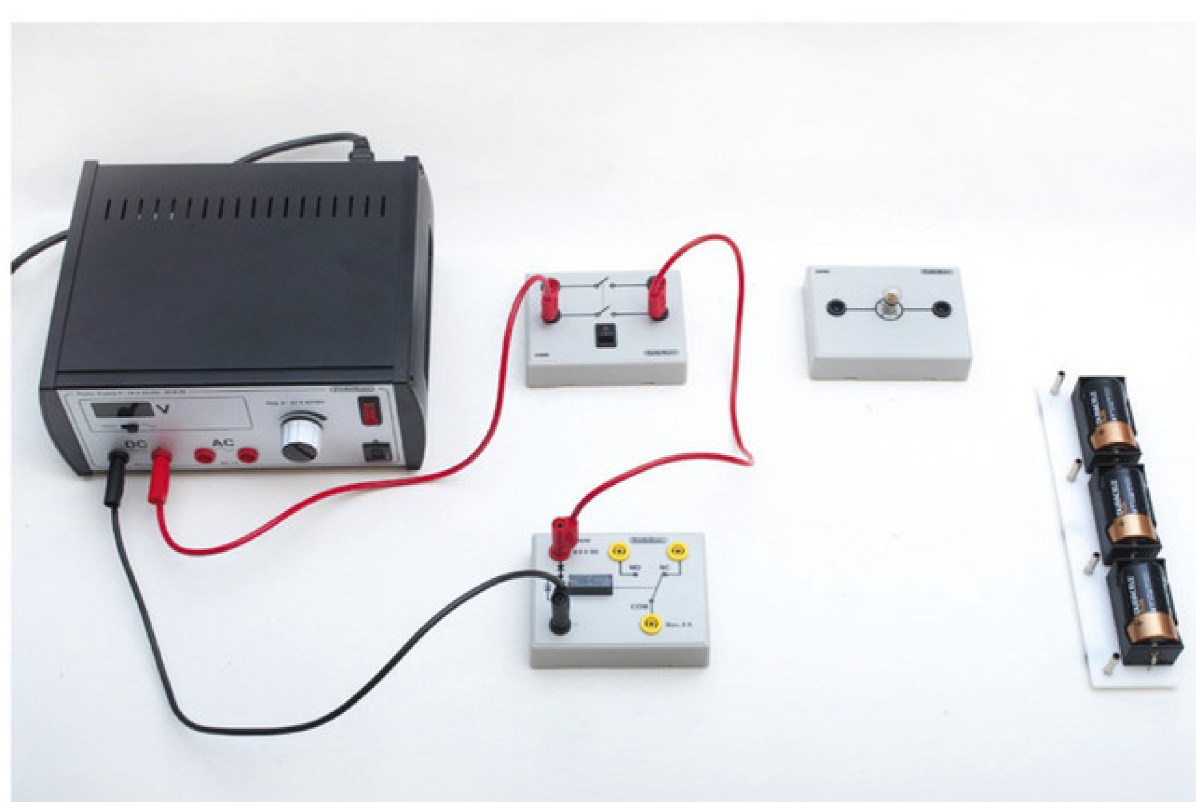


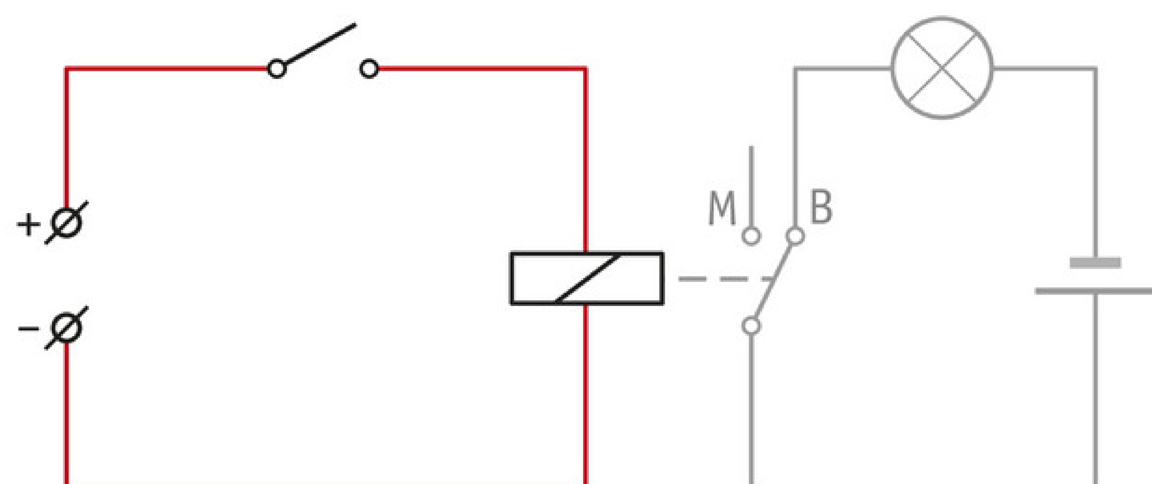
1 Verzamel de verschillende onderdelen.



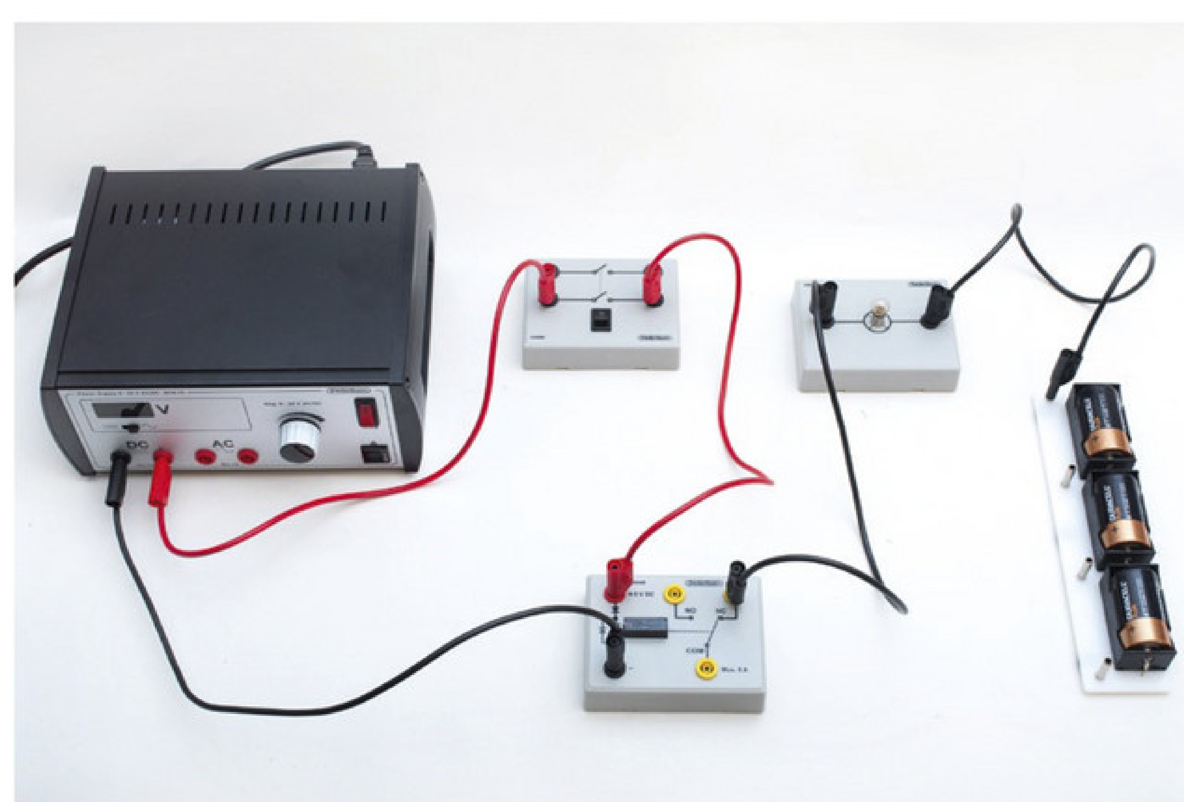


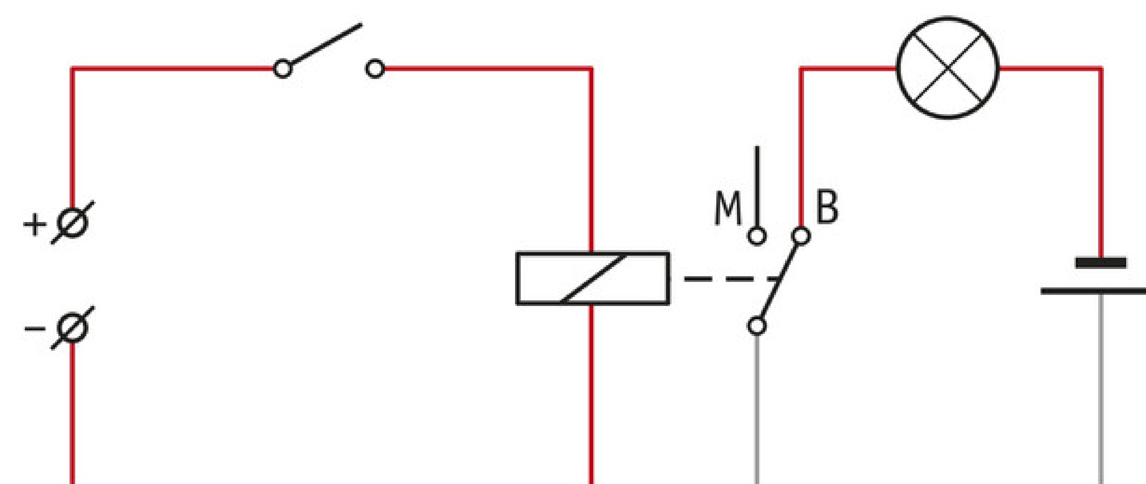
2 Begin aan de pluskant van het voedingskastje.





3 Maak de eerste stroomkring af.





4 Bouw daarna de tweede stroomkring.

afbeelding 2 Een schakeling bouwen.

3 Werken met elektronicaweerstanden

Elektronicaweerstanden hebben een kleurcode. Daarmee kun je hun weerstand bepalen. Deze kleurcode bestaat uit vier of vijf gekleurde ringen. Je kunt in *BINAS* tabel 13 *Kleurcodes van weerstanden* opzoeken wat de kleuren betekenen.

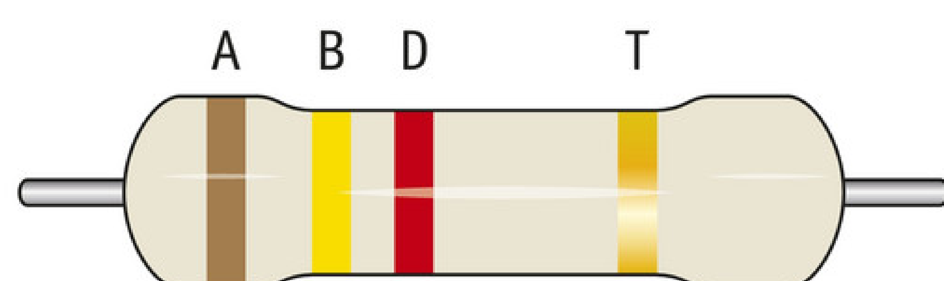
Weerstanden met vier ringen
De meeste weerstanden hebben vier ringen, bijvoorbeeld: bruin – geel – rood – goud (afbeelding 3). De laatste ring staat iets los van de andere drie. In Binas hebben deze ringen de letters A, B, D en T.

- De eerste ring A geeft je het eerste cijfer van de weerstandswaarde.
  In het voorbeeld: bruin staat voor het cijfer 1.

- De tweede ring B geeft je het tweede cijfer van de weerstandswaarde.
  In het voorbeeld: geel staat voor het cijfer 4.

- De derde ring D geeft aan hoeveel nullen je achter de eerste twee cijfers moet zetten.
  In het voorbeeld: rood betekent dat je twee nullen moet toevoegen.
  De waarde van de weerstand is dus 1400 Ω.

- De vierde ring T geeft aan hoe nauwkeurig de weerstand is gemaakt. Dit noem je de tolerantie. Goud staat voor een tolerantie van ± 5%. Dat wil zeggen dat de weerstand hoogstens 5% mag afwijken van de aangegeven waarde.

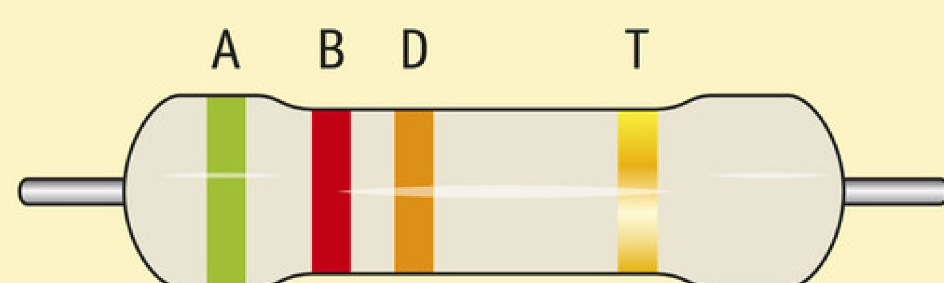


afbeelding 3 Een weerstand met vier ringen.

VOORBEELDOPDRACHT 1
Bepaal de waarde van de weerstand in afbeelding 4.

Uitwerking
- Ring A is groen. Het eerste cijfer is dus: 5
- Ring B is rood. Het tweede cijfer is dus: 2
- Ring D is oranje. Je moet dus drie nullen toevoegen.
- Ring T is goud. De tolerantie is: ± 5%

De weerstandswaarde is: 52 000 Ω = 52 kΩ ± 5%



afbeelding 4 Een weerstand met vier ringen.

Weerstanden met vijf ringen
Er zijn ook weerstanden met vijf ringen, bijvoorbeeld:
oranje – groen – blauw – zwart – rood. In Binas hebben deze ringen de letters A, B, C, D en T. De ring C levert een extra, derde cijfer op. Verder gaat het bepalen van de weerstand net zoals bij een weerstand met vier ringen.

- De eerste ring A geeft je het eerste cijfer van de weerstandswaarde.
  In het voorbeeld: oranje staat voor het cijfer 3.

- De tweede ring B geeft je het tweede cijfer van de weerstandswaarde.
  In het voorbeeld: groen staat voor het cijfer 5.

- De derde ring C geeft je het derde cijfer van de weerstandswaarde.
  In het voorbeeld: blauw staat voor het cijfer 6.

- De vierde ring D geeft aan hoeveel nullen je achter de eerste drie cijfers moet zetten.
  In het voorbeeld: zwart betekent dat je geen (0) nullen hoeft toe te voegen.
  De waarde van de weerstand is dus 356 Ω.

- De vijfde ring T geeft je de tolerantie. Rood staat voor een tolerantie van ± 2%. Dat wil zeggen dat de weerstand hoogstens 2% mag afwijken van de aangegeven waarde.

VOORBEELDOPDRACHT 2
Bepaal de waarde van de weerstand in afbeelding 5.

Uitwerking
- Ring A is grijs. Het eerste cijfer is: 8
- Ring B is groen. Het tweede cijfer is: 5
- Ring C is zwart. Het derde cijfer is: 0
- Ring D is bruin. Je moet één nul toevoegen.
- Ring T is rood. De tolerantie is: 2%

De weerstandswaarde is: 8500 Ω = 8,5 kΩ ± 2%



afbeelding 5 Een weerstand met vijf ringen.

4 Werken met meetinstrumenten

Bij het vak natuur- en scheikunde werk je met allerlei meetinstrumenten. Om een goede meting uit te kunnen voeren, ga je stap voor stap te werk.

Stap 1 **Bepaal welk(e) meetinstrument(en) je nodig hebt.**
Bij een onderzoek wil je een vraag beantwoorden, zoals:
Hoe groot is de weerstand van de motor van een ventilator?

Je weet dat je de weerstand kunt bepalen met de formule: $R = \frac{U}{I}$

Dat betekent dat je de spanning (U) en de stroomsterkte (I) moet meten.
Je hebt dus twee meetinstrumenten nodig: een spanningsmeter en een stroommeter.

Stap 2 **Sluit het meetinstrument aan.**
Een stroom- en een spanningsmeter moet je correct aansluiten: een stroommeter in serie met het apparaat, een spanningsmeter parallel aan het apparaat (afbeelding 6). Bij gelijkstroom en gelijkspanning is ook de stroomrichting van belang. Je moet de pluskant van de meter verbinden met de pluspool van de spanningsbron, en de minkant met de minpool. Meestal is de pluskant een rood busje en de minkant een zwart busje.



afbeelding 6 Zo meet je de stroom door de motor van een ventilator: de stroommeter staat in serie met het apparaat.

Stap 3 **Kies het juiste meetbereik.**
Stroom- en spanningsmeters hebben elk meestal drie meetbereiken. Je vindt het meetbereik dat je moet gebruiken op de volgende manier:
- Doe een proefmeting met het grootste meetbereik.
- Kijk hoe groot de stroomsterkte of de spanning ongeveer is.
- Kies het kleinste meetbereik waarbij je de meter nog kunt aflezen.

Hoe kleiner het gebruikte meetbereik, des te nauwkeuriger is het meetresultaat.

Stap 4 **Lees het meetinstrument af.**
Analoge meetinstrumenten hebben een schaalverdeling. Bij het aflezen van zo'n meetinstrument bepaal je eerst hoeveel elk streepje waard is. Daarna lees je de meetwaarde zo nauwkeurig mogelijk af.

VOORBEELDOPDRACHT 3

Frank heeft de stroommeter van afbeelding 6 aangesloten op het meetbereik van 0 – 0,5 A. Hoe groot is de stroomsterkte die de stroommeter aangeeft?

Uitwerking

- De schaalverdeling loopt van 0 tot 0,5 A.
- De wijzer staat dus tussen 0,2 en 0,3 A.
- Tussen 0,2 en 0,3 A zijn tien tussenruimten.
- Elk streepje is dus $\frac{0{,}1}{10}$ = 0,01 A waard.
- De wijzer staat op het zevende streepje (afbeelding 7).

De stroomsterkte is dus 0,27 A.



afbeelding 7 Hoe groot is de stroomsterkte?

5 Werken met formules

Bij het vak natuur- en scheikunde maak je af en toe berekeningen. Het volgende stappenplan is een goede aanpak:

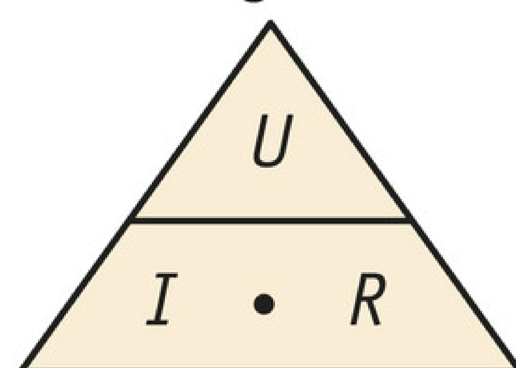
Stap 1 **Lees de opdracht.**
Lees de opdracht en schat in welke buurt de uitkomst zal liggen. Stel dat je moet uitrekenen hoe groot de massa van een leerling is. Dan voel je wel aan dat de uitkomst ergens moet uitkomen tussen 40 en 80 kg.

Stap 2 **Noteer de gegevens.**
Schrijf de grootheid op en schrijf de waarde erachter. Vergeet de eenheid niet.
Soms is het handig een eenheid alvast om te rekenen (zoals bij de stroomsterkte in voorbeeldopdracht 4).

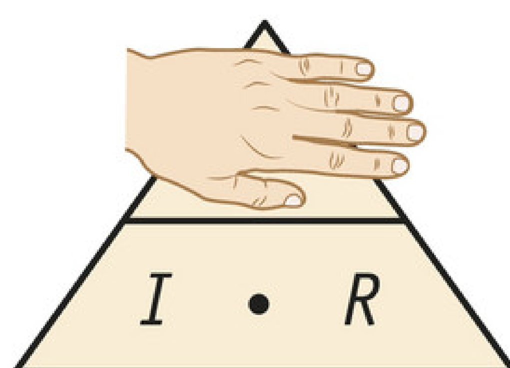
Stap 3 **Noteer wat wordt gevraagd.**
Schrijf de gevraagde grootheid op en schrijf er een vraagteken achter. Denk ook al na over de eenheid.

Stap 4 **Schrijf de formule op.**
Formules zoals $R = \frac{U}{I}$ kun je op verschillende manieren opschrijven (afbeelding 8). Neem de vorm waarin de gevraagde grootheid voor het is-teken (=) staat.

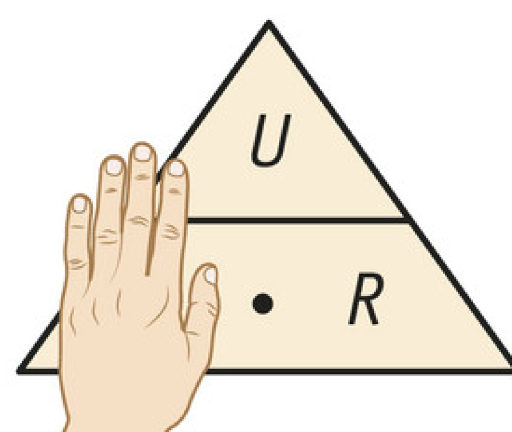
afbeelding 8 Een formule omwerken.



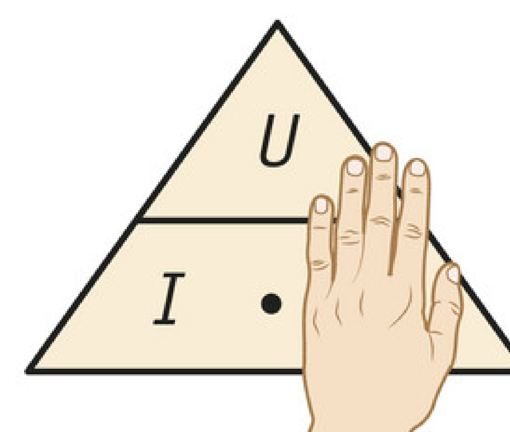
Zo vind je de drie vormen van deze formule.



De eerste vorm: $U = I \cdot R$



De tweede vorm: $I = \frac{U}{R}$



en de derde vorm: $R = \frac{U}{I}$

Stap 5 **Vul de gegevens in.**

Stap 6 **Werk de berekening uit.**

Stap 7 **Noteer de uitkomst.**
De uitkomst is een getal + een eenheid. Geef in je uitkomst ook aan welke grootheid je hebt uitgerekend.
Schrijf dus niet alleen maar: 80 Ω, maar: R = 80 Ω of: de weerstand = 80 Ω.

Stap 8 **Controleer de uitkomst.**
Vergelijk de uitkomst met de schatting die je in het begin maakte. Ga ook na of je geen reken- of overschrijffouten hebt gemaakt en of je de juiste eenheid achter het getal hebt gezet.

VOORBEELDOPDRACHT 4

Door een weerstand van 280 Ω loopt een stroom van 25 mA.
Bereken de spanning over de weerstand.

gegevens $I = 25\text{ mA} = 0{,}025\text{ A}$
$R = 280\ \Omega$

gevraagd $U = ?\text{ V}$

uitwerking $U = I \cdot R = 0{,}025 \times 280 = 7\text{ V}$

Er zijn ook ingewikkelder formules, die je niet even snel kunt omwerken. In de twee voorbeeldopdrachten hierna zie je berekeningen waarin zo'n formule wordt gebruikt. Let vooral op de manier waarop de berekening wordt uitgewerkt.

VOORBEELDOPDRACHT 5

Een auto van 1100 kg heeft op een gegeven moment een kinetische energie van 459 kJ.
Bereken de snelheid van de auto.

gegevens $E_k = 495\text{ kJ} = 4{,}95 \cdot 10^5\text{ J}$
$m = 1100\text{ kg}$

gevraagd $v = ?\text{ m/s}$

uitwerking $E_k = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2$
$4{,}95 \cdot 10^5 = 0{,}5 \times 1100 \times v^2$
$4{,}95 \cdot 10^5 = 550 \cdot v^2$
$v^2 = \frac{4{,}95 \cdot 10^5}{550} = 900$
$v = \sqrt{900} = 30\text{ m/s}$

VOORBEELDOPDRACHT 6

Een transformator heeft een primaire spoel met 1000 windingen en een secundaire spoel met 50 windingen. De secundaire spoel levert een spanning van 11,5 V.
Toon aan dat de primaire spanning 230 V is.

gegevens

primaire spoel	secundaire spoel
$U_p = ?\text{ V}$	$U_s = 11{,}5\text{ V}$
$n_p = 1000$	$n_s = 50$

gevraagd $U_p = ?\text{ V}$

uitwerking $\frac{U_p}{U_s} = \frac{n_p}{n_s}$
$\frac{U_p}{11{,}5} = \frac{1000}{50}$
$50 \times U_p = 11{,}5 \times 1000$
$50 \times U_p = 11\,500$
$U_p = \frac{11\,500}{50} = 230\text{ V}$

6 Werken met voorvoegsels

Een grootheid is iets wat je kunt meten. Voorbeelden van grootheden zijn massa, kracht, weerstand en tijd. Om een grootheid te kunnen meten, heb je een eenheid nodig. Je meet de massa in kilogram, de kracht in newton, de weerstand in ohm en de tijd in seconden. In *BINAS* tabel 6 *Enkele grootheden* kun je verschillende grootheden en hun eenheden opzoeken.

Vaak past de grootte van een eenheid niet goed bij de grootte van wat je wilt meten. In dat geval kun je een voorvoegsel voor de eenheid zetten. In plaats van “De dikte is 0,0003 meter” schrijf je: “De dikte is 0,3 mm”. De betekenis is hetzelfde, maar 0,3 mm is veel gemakkelijker te begrijpen dan 0,0003 m.

Soms moet je gegevens omrekenen om een voorvoegsel weer kwijt te raken. In berekeningen over de weerstand bijvoorbeeld, werk je met de stroomsterkte in A en niet in mA. Als de stroomsterkte in mA is gegeven, reken je die eerst om. Anders gaat het fout als je de gegevens in de formule invult.

Je kunt een voorvoegsel altijd vervangen door een macht van 10. In plaats van “De centrales hebben samen een vermogen van 450 GW’ kun je ook schrijven: “De centrales hebben samen een vermogen van $450 \cdot 10^9$ W”. Het voorvoegsel G (giga) betekent hetzelfde als 10^9 miljard.

In *BINAS* tabel 3 *Vermenigvuldigingsfactoren* kun je de betekenis van de verschillende voorvoegsels opzoeken: van n = nano = 10^{-9} (miljardste) tot T = tera = 10^{12} (biljoen). Maar het is handig om de betekenis van m (milli), c (centi), k (kilo) en M (mega) uit je hoofd te kennen.

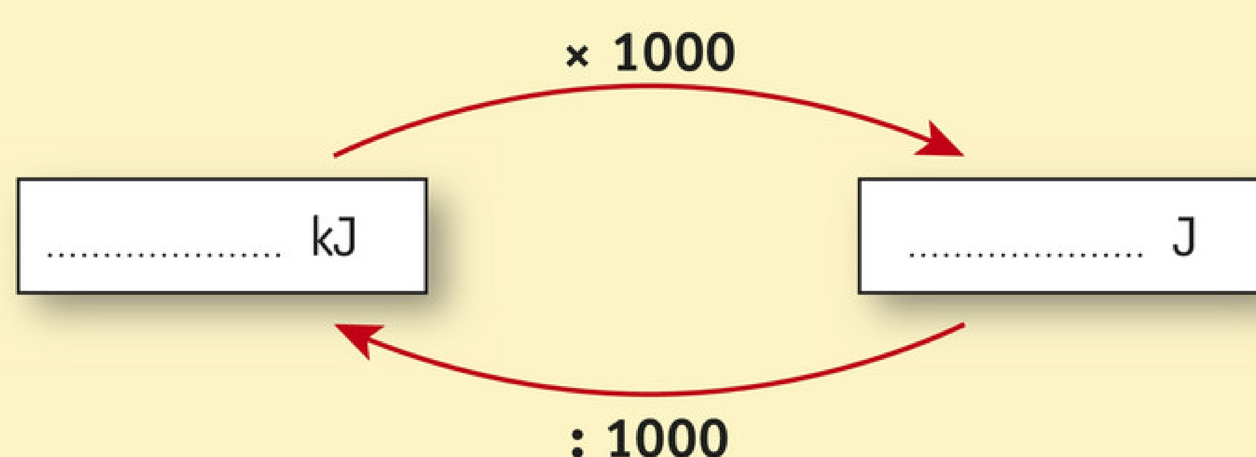
VOORBEELDOPDRACHT 7

Xander föhnt zijn haar in 1,5 minuut droog. Het verwarmingselement in de föhn produceert in die tijd 72 kJ warmte.
Bereken het vermogen van het verwarmingselement.

gegevens E = 72 kJ = 72 000 J (afbeelding 9)
t = 1,5 min = 90 s

gevraagd P = ? W

uitwerking $P = \frac{E}{t} = \frac{72\,000}{90} = 800$ W



afbeelding 9 Omrekenen van kilojoule naar joule en omgekeerd.

7 Werken met machten van 10

Bij natuur- en scheikunde krijg je soms te maken met getallen die erg groot of juist erg klein zijn. Er is een handige manier bedacht om dit soort getallen op te schrijven. Voor grote getallen gebruik je positieve machten van 10. Voor kleine getallen gebruik je negatieve machten van 10.

positieve machten	negatieve machten
$10^1 = 10$	$10^{-1} = \frac{1}{10} = 0,1$
$10^2 = 10 \times 10 = 100$	$10^{-2} = \frac{1}{10} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{100} = 0,01$
$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$	$10^{-3} = \frac{1}{10} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{1000} = 0,001$
enzovoort	enzovoort

Soms is het handig om een macht van 10 te vervangen door een voorvoegsel. In plaats van “Het vermogen is $250 \cdot 10^6$ W” kun je ook schrijven: “Het vermogen is 250 MW”. Het voorvoegsel M (mega) betekent miljoen, net als 10^6. In *BINAS* tabel 3 *Vermenigvuldigingsfactoren* kun je opzoeken welke macht van 10 overeenkomt met welk voorvoegsel.

VOORBEELDOPDRACHT 8

Volgens de website www.klimaatakkoord.nl verbruikt een gemiddeld Nederlands gezin 3500 kWh elektrische energie per jaar.
Hoeveel is dat in joule?

Uitwerking

1 kWh = $3,6 \cdot 10^6$ J (*BINAS* tabel 2 *Omrekenregels*)

3500 kWh = $3500 \times 3,6 \cdot 10^6$ J = $1,26 \cdot 10^{10}$ J (of 12,6 GJ)

VOORBEELDOPDRACHT 9

Volgens de website www.klimaatakkoord.nl verbruikt een gemiddeld Nederlands gezin 1500 m^3 aardgas per jaar.
Hoeveel is dat in joule? De verbrandingswarmte van aardgas is 32 MJ/m^3.

Uitwerking

32 MJ/m^3 = $32 \cdot 10^6$ J/m^3 (*BINAS* tabel 3 *Vermenigvuldigingsfactoren*)

1500 m^3 aardgas levert bij verbranding:
$1500 \times 32 \cdot 10^6 = 4,8 \cdot 10^{10}$ J = 48 GJ

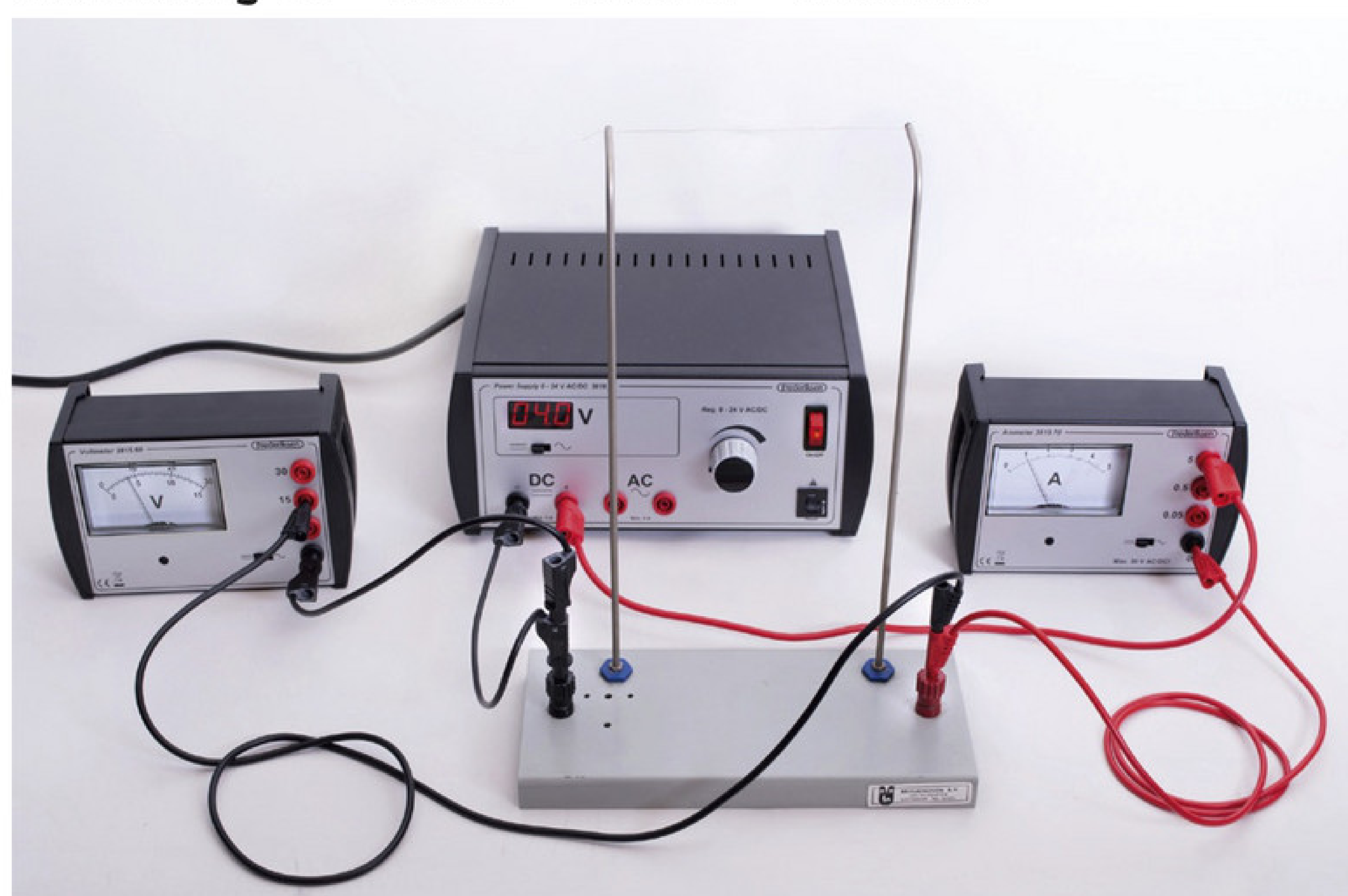
8 Werken met tabellen en grafieken

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Over een metaaldraad kun je bijvoorbeeld vragen:
Hoe hangt de stroomsterkte door de draad af van de spanning over de draad?

Je wilt dus het verband meten tussen de stroomsterkte en de spanning.
Om deze vraag te beantwoorden, voer je een serie metingen uit. Je maakt een serieschakeling met een voedingskastje, een metaaldraad en een stroommeter. Daarna schakel je de spanningsmeter parallel aan de draad (afbeelding 10a). Je vergroot de spanning stap voor stap (0 V, 1 V, 2 V, 3 V) en leest steeds de stroomsterkte af op de stroommeter. In een tabel noteer je de meetresultaten: links de spanning, rechts de stroomsterkte (afbeelding 10b).

Verbanden worden duidelijker als je ze weergeeft in een grafiek (afbeelding 10c). Zo'n grafiek teken je in potlood. Anders kun je later niets meer verbeteren.

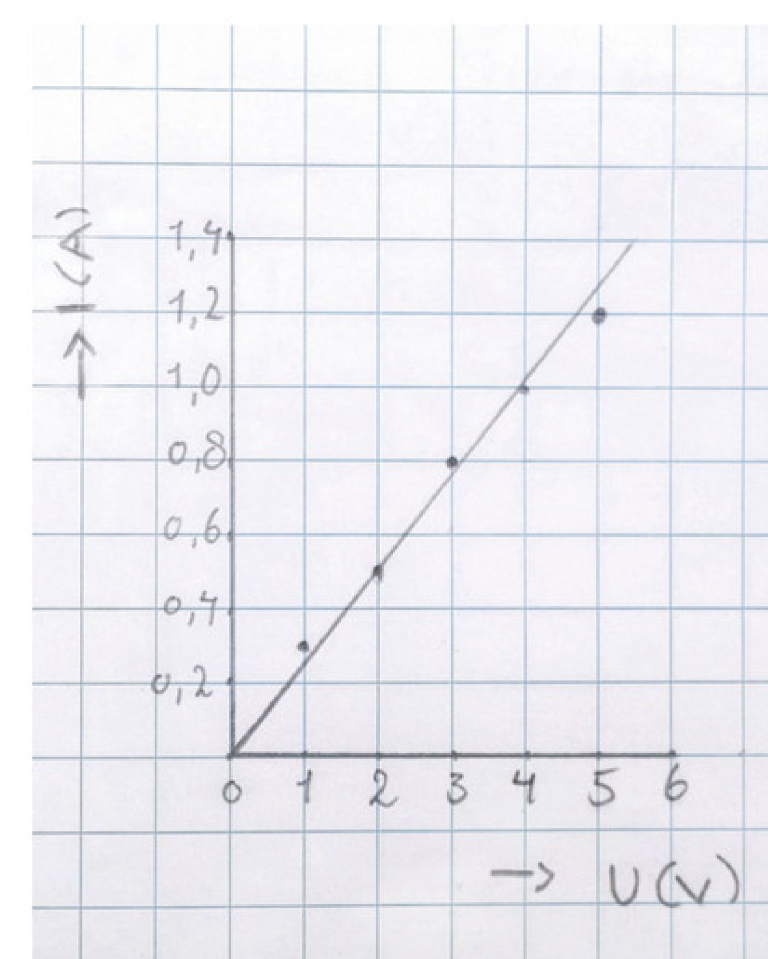
afbeelding 10 Meten – noteren – tekenen.



ⓐ

Spanning (V)	Stroomsterkte (A)
0	0
1	0,3
2	0,5
3	0,8
4	1,0
5	

ⓑ



ⓒ

Zo'n grafiek maak je als volgt:

- Teken een assenstelsel. In het boek is dat meestal al voor je gedaan.
- Zet bij elke as een grootheid, met de eenheid waarin je hebt gemeten. Bijvoorbeeld: → U (V) en → I (A).
- Zet langs beide assen een geschikte schaalverdeling. Zorg ervoor dat al je metingen in de grafiek passen en dat je grafiek niet te klein wordt. Gebruik minstens twee derde deel van de beschikbare ruimte op de assen.
- Teken de meetresultaten in als punten. Realiseer je daarbij dat er altijd kleine meetfouten in je meetresultaten zitten. Je mag er niet van uitgaan dat elk punt exact juist is.

- Trek een rechte lijn als de meetpunten ongeveer op een rechte lijn liggen. Laat die lijn zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Maar let op: je mag de punten niet een voor een met elkaar verbinden, want dan zou je een onregelmatig heen en weer gaande zigzaglijn krijgen.

- Teken een vloeiende kromme als de punten duidelijk niet op één lijn liggen. Laat de kromme zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Net als bij een rechte lijn mag je de punten niet een voor een met elkaar verbinden.

Het geeft dus niet dat een rechte lijn of een kromme niet precies door alle meetpunten loopt. Het is normaal dat meetpunten niet 100% nauwkeurig zijn. Daarom moet je bij het tekenen van de grafiek ook niet doen alsof.

9 Verbanden meten

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Neem bijvoorbeeld de onderzoeksvraag:
Wat gebeurt er met de stroomsterkte als je de spanning groter maakt?

Bij deze vraag gaat het om het verband tussen de stroomsterkte en de spanning.

Hoe meet je zo'n verband?

- Maak eerst een tabel waarin je de meetresultaten noteert: links de spanning, rechts de stroomsterkte.

- Maak de spanning stapsgewijs groter en lees af: welke stroomsterkte hoort bij deze spanning? Noteer de meetwaarden in de tabel.

- Controleer alle metingen minstens één keer, om aflees- en opschrijffouten te kunnen verbeteren.

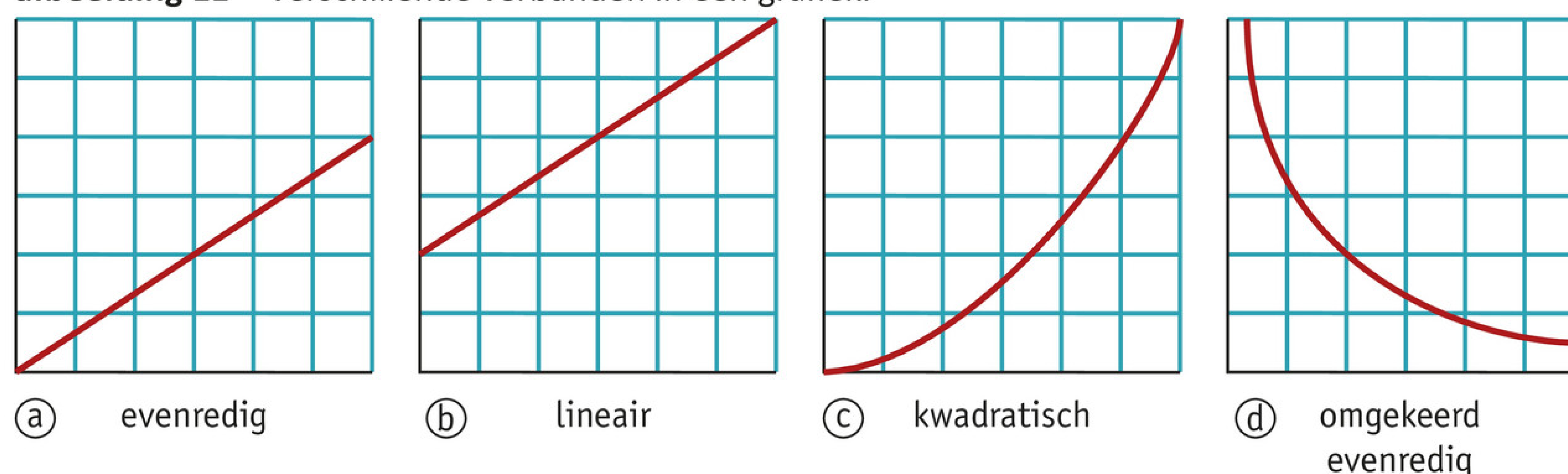
- Verwerk je metingen tot een grafiek. In vaardigheid 8 *Werken met tabellen en grafieken* kun je lezen hoe dat moet. Zet de spanning langs de horizontale as, en de stroomsterkte langs de verticale as.

- Vergelijk de grafiek die je hebt getekend met afbeelding 11. Daarin zie je hoe een grafiek eruitziet:
  a als het verband evenredig is;
  b als het verband lineair is;
  c als het verband kwadratisch is;
  d als het verband omgekeerd evenredig is.

  Als de grafiek een rechte lijn is, is het verband tussen de twee grootheden lineair. Gaat de grafiek ook door de oorsprong, dan is het verband evenredig.

Het meten van verbanden tussen andere grootheden kun je op dezelfde manier aanpakken.

afbeelding 11 Verschillende verbanden in een grafiek.



10 Een onderzoeksverslag maken

Bij een onderzoek hoort een verslag. In dat verslag leg je uit hoe het onderzoek is verlopen. Iemand die er niet bij is geweest, moet precies kunnen begrijpen wat er is gebeurd. Soms moet je ook een verslag maken van een gewone practicumproef.

Deel je verslag als volgt in:

Titelpagina
Hierop vermeld je de titel van het onderzoek, de namen van de leerlingen in je onderzoeksgroep, de naam van je leraar, de datum en het jaar.

§ 1 Onderzoeksvraag
In deze paragraaf leg je uit welke vraag je met je onderzoek wilde beantwoorden en welk antwoord je van tevoren dacht te vinden.

§ 2 Werkplan
Hierin staat:
- een lijst met de spullen die je hebt gebruikt;
- een tekening van de opstelling die je hebt gemaakt;
- een korte beschrijving van wat je hebt gedaan:
  – Welke grootheden heb je gemeten?
  – Welke meetinstrumenten heb je gebruikt?
  – Hoe heb je de meetresultaten verwerkt (tekenen / berekenen)?
  – Welke berekeningen heb je uitgevoerd (inclusief formules)?

§ 3 Onderzoeksresultaten
Hierin vermeld je wat je hebt waargenomen of gemeten: in de vorm van teksten, tabellen, foto's en dergelijke.

§ 4 Uitwerking
Hierin maak je grafieken van je meetwaarden en voer je berekeningen uit die je nodig hebt om je onderzoeksvraag te beantwoorden.

§ 5 Conclusies
Hierin staat het antwoord op de onderzoeksvraag. Ook schrijf je op wat er beter had gekund.

Een verslag hoort er goed en verzorgd uit te zien. Het gaat niet alleen om de inhoud van je verslag. Je moet die inhoud ook duidelijk en overzichtelijk presenteren. Een aantal aanwijzingen:
- Maak je verslag op de computer.
- Gebruik papier op A4-formaat.
- Zorg dat er ruime marges (witte ruimtes) overblijven: onder en boven, links en rechts.
- Kies een goed leesbaar lettertype, met een goede lettergrootte.
- Zet een vet kopje boven elke paragraaf.
- Zorg voor nette tekeningen, tabellen en grafieken. Zet er een nummer bij, zodat je ernaar kunt verwijzen.

Er zijn ook andere manieren om een verslag te maken. Sommige proeven kun je bijvoorbeeld filmen. Let er wel op dat je alle paragrafen van het verslag aan bod laat komen. Een enkele keer kun je er misschien zelfs een rap van maken. En misschien zijn er nog andere vormen die jij leuk vindt. Overleg dat eerst altijd met je leraar.

Register

Colofon

ONTWERP BINNENWERK
Pointer grafische vormgeving
Crius Group

ONTWERP OMSLAG
Studio Struis

UITVOERING BINNENWERK
Crius Group

AUTEUR
Rein Tromp, Recursief

EINDREDACTIE
Sander Michon, Michon Educatie

MET MEDEWERKING VAN
Frits Kappers
Karin van Nunen
Lineke Pijnappels
Lian Poelsma
Coert Schatorjé

TECHNISCH TEKENWERK
Eric Eshuis Infographics, Groningen
Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem

BEELDRESEARCH
B en U International Picture Service, Amsterdam

BEELDVERANTWOORDING
1: Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam/2: Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: Pag. 301; 1: Shutterstock/Nerthuz/2: Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 136; 123RF/Andrey Eremin: Pag. 253 (o.); 123RF/csmaster83: Pag. 22 (b.); 123RF/thamkc: Pag. 76 (o.); 123RF/Vladimir Grigorev: Pag. 247 (b.); Angel Photography, Amsterdam: Pag. 179, 180; ANP Foto /Flip Franssen: Pag. 268/269; ANP Foto /Science Photo Library: Pag. 22 (l.o.); ANP Foto/AS Media: Pag. 247 (o.); ANP Foto/Evert van Moort: Pag. 169; ANP Foto/Gemini Windpark/AFP: Pag. 164; ANP Foto/Marco van Middelkoop: Pag. 173; ANP Foto/Peter Hilz: Pag. 178; ANP Foto/Robin Utrecht: Pag. 82 (o.); ANP Foto/Science Photo Library: Pag. 297; ANP Foto/Science Photo Library/Cordelia Molloy: Pag. 50 (r.); ANP Foto/Science Photo Library/Trevor Clifford Photography: Pag. 26 (l.); CvTE: Pag. 290 (b.), 290 (m.), 290 (o.), Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: Pag. 69, 73 (l.o.), 73 (m.o.), 73 (r.o.), 75 (l.b.), 75 (r.b.), 75 (l.o.), 75 (r.o.), 80, 82 (l.), 82 (l.m.), 82 (r.m.), 82 (r.), 86 (o.), 87 (b.), 88 (r.o.), 89, 90, 91, 92 (o.), 95 (b.), 95 (l.m.), 95 (m.m.), 95 (r.m.), 95 (o.), 97, 98 (o.), 99 (r.), 101 (b.), 101 (o.), 102, 104, 105 (l.), 105 (r.), 107, 108, 109 (b.), 109 (l.o.), 109 (r.o.), 110, 111 (r.), 112 (l.), 112 (r.), 113 (r.), 114, 115, 117, 118, 271 (r.), 272, 273, 274 (o.), 276, 278 (l.), 278 (r.), 279 (b.), 279 (o.), 282, 288, 289, 292 (b.), 294 (l.b.), 294 (r.b.), 295, 299, 302 (b.), 302 (o.), 303, 305; Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 8, 9 (b.), 9 (b.), 9 (b.), 9 (b.), 9 (b.), 11 (r.o.), 13, 15 (r.o.), 19, 20 (b.), 20 (o.), 22 (r.o.), 23 (b.), 23 (r.o.), 24 (b.), 24 (o.), 25, 26 (r.), 27, 28 (b.), 28 (o.), 30, 31, 32, 33, 34 (l.o.), 34 (r.o.), 35 (b.), 35 (l.o.), 36 (b.), 36 (o.), 37, 39 (b.), 39 (o.), 42, 43, 45 (l.), 45 (r.), 46 (l.), 46 (r.), 47 (l.b.), 47 (r.b.), 47 (l.o.), 47 (r.o.), 48 (r.), 49 (l.), 49 (r.), 51 (l.b.), 51 (r.b.), 51 (o.), 52 (b.), 52 (o.), 53 (b.), 53 (o.), 54 (r.b.), 54 (o.),

55, 56, 58 (b.), 58 (o.), 59, 60, 68 (l.), 68 (m.), 68 (r.), 77 (l.), 77 (m.), 77 (l.), 126, 129, 130, 141, 143, 149, 153, 154 (l.), 154 (m.), 154 (r.), 155 (b.), 155 (o.), 156, 159, 160 (b.), 160 (l.o.), 160 (r.o.), 161, 163, 166, 168, 175, 176, 182, 184, 186 (o.), 189, 191 (b.), 191 (o.), 192, 194, 205, 207 (l.b.), 207 (r.b.), 207 (r.m.), 207 (l.o.), 207 (r.o.), 211 (b.), 211 (o.), 212 (l.), 212 (r.), 213 (l.b.), 213 (r.b.), 213 (l.o.), 213 (r.o.), 214, 215 (b.), 215 (l.o.), 215 (r.o.), 218 (b.), 218 (o.), 219 (l.b.), 219 (r.b.), 219 (l.o.), 219 (r.o.), 220, 224, 229, 233, 235 (b.), 235 (o.), 237 (l.o.), 237 (r.o.), 239, 240, 242, 244 (l.), 244 (m.l.), 244 (m.r.), 244 (r.), 245 (r.), 246, 251, 253 (l.b.), 253 (r.b.), 254 (l.), 254 (m.), 254 (r.), 257, 259, 261, 306, 308, 312; Eurofysica, 's-Hertogenbosch: Pag. 23 (l.o.); Getty Images/Mischa Keijser: Pag. 124/125; Imageselect/Alamy Stock Photo/Christian Bertrand : Pag. 202/203; Imageselect/Alamy Stock Photo/Oleksandr Tkachenko: Pag. 138; imageselect/Alamy Stock Photo/Peter Titmuss : Pag. 98 (b.); Imageselect/Alamy Stock Photo/Roman Kadarjan : Pag. 83 (b.); Imageselect/Alamy Stock Photo/ William Caram : Pag. 72; Imageselect/Alamy Stock Photo/ Witold Skrypczak : Pag. 99 (l.); Imageselect/Marilyn Green/ Eyeem: Pag. 152; iStockphoto/Extreme Media: Pag. 294 (o.); makeupandbeauty.com/makeupandbeauty.com: Pag. 249; Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: Pag. 10, 11 (b.), 11 (l.o.), 12, 14, 15 (l.o.), 16 (l.), 16 (r.), 34 (l.b.), 34 (r.b.), 44, 48 (l.), 71, 73 (b.), 209, 270, 271 (l.), 274 (l.b.), 274 (r.b.), 277, 284, 285 (l.b.), 285 (r.b.), 285 (o.), 286, 291, 292 (o.), 293 (l.b.), 293 (r.b.), 293 (l.o.), 293 (r.o.), 304, 310 (l.), 310 (m.), 310 (r.); Milieu Centraal/milieucentraal.nl (bewerking Erik Eshuis Infographics): Pag. 147; N.V. Robert Bosch S.A./N.V. Robert Bosch S.A.: Pag. 208; Nationale Beeldbank/Tineke Jongewaard: Pag. 76 (b.); Philips Benelux: Pag. 219 (m.); Reuters/Phil Noble: Pag. 88 (l.o.); Shutterstock/Bonsales: Pag. 139; Shutterstock/Cate Frost: Pag. 132; Shutterstock/ Daniel Wright98: Pag. 81; Shutterstock/Dovzhykov Andriy: Pag. 85; Shutterstock/EB Adventure Photography: Pag. 113 (l.); Shutterstock/Elena Elisseeva: Pag. 140; Shutterstock/ Elena Yakusheva: Pag. 111 (l.); Shutterstock/Everyonephoto Studio: Pag. 231; Shutterstock/EvrenKalinbacak: Pag. 88 (b.); Shutterstock/Fedor Selivanov: Pag. 151; Shutterstock/ Francescomoufotografo: Pag. 248; Shutterstock/franco lucato: Pag. 146; Shutterstock/Freeograph: Pag. 40; Shutterstock/ Ginger_Cat: Pag. 206; Shutterstock/Jim Parkin: Pag. 87 (o.); Shutterstock/Jon Naustdalslid: Pag. 167; Shutterstock/ kung_tom: Pag. 6/7; Shutterstock/Ljupco Smokovski: Pag. 92 (b.); Shutterstock/Mix Tape: Pag. 222; Shutterstock/ Nadezda Murmakova: Pag. 131; Shutterstock/Nahlik: Pag. 165; Shutterstock/Oleksandr Nagaiets: Pag. 254 (o.); Shutterstock/pdsci: Pag. 232; Shutterstock/PitukTV: Pag. 50 (l.); Shutterstock/pockethifi: Pag. 50 (m.r.); Shutterstock/ Red_Shadow: Pag. 103; Shutterstock/Robert74: Pag. 83 (o.); Shutterstock/Roi and Roi: Pag. 186 (b.); Shutterstock/Rudmer Zwerver: Pag. 128; Shutterstock/Ruud Morijn Photographer: Pag. 84; Shutterstock/Scharfsinn: Pag. 177; Shutterstock/ ScofieldZa: Pag. 35 (r.o.); Shutterstock/Serorion (bewerking Erik Eshuis Infographics): Pag. 207 (l.m.); Shutterstock/ Tatiana Popova: Pag. 66/67; Shutterstock/TonStocker: Pag. 50 (m.l.); Shutterstock/UschiDaschi: Pag. 86 (b.); Shutterstock/ Vitalii Nesterchuk: Pag. 79; Shutterstock/wavebreakmedia: Pag. 70; Shutterstock/Yevhen Prozhyrko: Pag. 245 (l.); Sittrop Grafisch Realisatie Bureau, Rotterdam: Pag. 9 (o.); TurboSquid, turbosquid.com: Pag. 280, 281; WeLLDesign. com/WeLLDesign.com: Pag. 54 (l.b.)

OMSLAG

Westend61 GmbH/Alamy Stock Photo/Christian Vorhofer

ISBN 978 94 020 7328 7

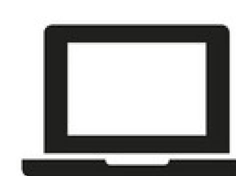
Release 5.0, eerste oplage

MALMBERG

MAX


Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.


Je mag in dit boek schrijven
en aantekeningen maken.


Je hebt ook toegang tot
de online leeromgeving.

AUTEUR
Rein Tromp

EINDREDACTIE
Sander Michon

MET MEDEWERKING VAN
Frits Kappers
Karin van Nunen
Lineke Pijnappels
Lian Poelsma
Coert Schatorjé

Release 5.0

ISBN 978 94 020 7328 7

598805-01

MALMBERG